



#3

PATENT  
Attorney Docket No.: 3180.0278

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re Application of: :  
: :  
RYOICHI INANAMI ET AL. :  
: :  
Serial No.: 09/817,270 : Group Art Unit: Unknown  
: :  
Filed: March 27, 2001 : Examiner: Unknown  
: :  
For: EXPOSURE PATTERN DATA :  
GENERATION APPARATUS :  
ASSOCIATED WITH STANDARD :  
CELL LIBRARY AND CHARGED :  
BEAM EXPOSURE :

CLAIM FOR PRIORITY

Assistant Commissioner for Patents  
Washington, D.C. 20231

Sir:

Under the provisions of 35 U.S.C. § 119, Applicants hereby claim the benefit of the filing date of Japanese Application No. 2000-087930 filed March 28, 2000, for the above-identified U.S. patent application.

In support of Applicants' claim for priority, filed herewith is one certified copy of the above.

Respectfully submitted,

FINNEGAN, HENDERSON, FARABOW,  
GARRETT & DUNNER, L.L.P.

Date:

4/23/01

By:

Richard V. Burgin  
Richard V. Burgin  
Registration No. 31,744



日本国特許庁  
PATENT OFFICE  
JAPANESE GOVERNMENT

09817270

#3

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日

Date of Application:

2000年 3月28日

出願番号

Application Number:

特願2000-087930

出願人

Applicant (s):

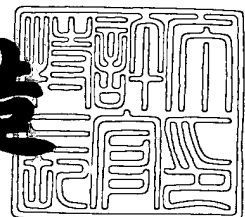
株式会社東芝

RECEIVED  
SEP 25 2002  
TECHNOLOGY CENTER 2800

2000年12月 8日

特許庁長官  
Commissioner,  
Patent Office

及川耕造



出証番号 出証特2000-3103103

【書類名】 特許願

【整理番号】 4HB001025

【提出日】 平成12年 3月28日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 H01L 21/027

【発明の名称】 荷電ビーム露光装置、アパーチャ、荷電ビーム露光方法、半導体装置の製造方法、フォトマスクの製造方法、露光パターンデータ生成方法、露光パターンデータ生成装置、及び、露光パターンを生成するためのデータを記録した記録媒体

【請求項の数】 17

【発明者】

    【住所又は居所】 神奈川県横浜市磯子区新杉田町 8 番地 株式会社東芝  
横浜事業所内

    【氏名】 稲浪 良市

【発明者】

    【住所又は居所】 神奈川県横浜市磯子区新杉田町 8 番地 株式会社東芝  
横浜事業所内

    【氏名】 馬越 俊幸

【特許出願人】

    【識別番号】 000003078

    【氏名又は名称】 株式会社 東芝

【代理人】

    【識別番号】 100083806

    【弁理士】

    【氏名又は名称】 三好 秀和

    【電話番号】 03-3504-3075

【選任した代理人】

    【識別番号】 100068342

【弁理士】

【氏名又は名称】 三好 保男

【選任した代理人】

【識別番号】 100100712

【弁理士】

【氏名又は名称】 岩▲崎▼ 幸邦

【選任した代理人】

【識別番号】 100100929

【弁理士】

【氏名又は名称】 川又 澄雄

【選任した代理人】

【識別番号】 100108707

【弁理士】

【氏名又は名称】 中村 友之

【選任した代理人】

【識別番号】 100095500

【弁理士】

【氏名又は名称】 伊藤 正和

【選任した代理人】

【識別番号】 100101247

【弁理士】

【氏名又は名称】 高橋 俊一

【選任した代理人】

【識別番号】 100098327

【弁理士】

【氏名又は名称】 高松 俊雄

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 001982

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】	明細書	1
【物件名】	図面	1
【物件名】	要約書	1
【プルーフの要否】	要	

【書類名】 明細書

【発明の名称】 荷電ビーム露光装置、アパーチャ、荷電ビーム露光方法、半導体装置の製造方法、フォトマスクの製造方法、露光パターンデータ生成方法、露光パターンデータ生成装置、及び、露光パターンを生成するためのデータを記録した記録媒体

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 デバイス設計の際に用いられるスタンダードセルの形状の荷電ビーム成形用の透過孔を有することを特徴とするアパーチャ。

【請求項 2】 前記透過孔は、使用頻度のより高い前記スタンダードセル、あるいは、キャラクタ・プロジェクション（C P）露光を行なうことにより可変成形ビーム（V S B）露光を行なった場合よりショット数の削減効果のより高いスタンダードセルの形状であることを特徴とする請求項 1 に記載のアパーチャ。

【請求項 3】 前記アパーチャが V S B 用開口部を有することを特徴とする請求項 1 又は請求項 2 に記載のアパーチャ。

【請求項 4】 荷電ビームをアパーチャにより所望の形状に成形し、試料に縮小照射・露光を行なう C P 方式の荷電ビーム露光装置において、

前記アパーチャが、デバイス設計の際に用いられるスタンダードセルの形状の荷電ビーム成形用の透過孔を有することを特徴とする荷電ビーム露光装置。

【請求項 5】 前記透過孔は、使用頻度のより高い前記スタンダードセル、あるいは、C P 露光を行なうことにより V S B 露光を行なった場合よりショット数の削減効果のより高いスタンダードセルの形状であることを特徴とする請求項 4 に記載の荷電ビーム露光装置。

【請求項 6】 前記アパーチャが V S B 用開口部を有することを特徴とする請求項 4 又は請求項 5 に記載の荷電ビーム露光装置。

【請求項 7】 荷電ビームをアパーチャにより所望の形状に成形し、試料に縮小照射・露光を行なう C P 方式の荷電ビーム露光方法において、

前記形状が、デバイス設計の際に用いられるスタンダードセルの形状の荷電ビーム成形用の透過孔であることを特徴とする荷電ビーム露光方法。

【請求項 8】 前記スタンダードセルが、使用頻度のより高い、あるいは、

C P 露光を行なうことにより V S B 露光を行なった場合よりショット数の削減効果のより高いことを特徴とする請求項 7 に記載の荷電ビーム露光方法。

【請求項 9】 アパーチャが有する透過孔の形状に一致するスタンダードセルに係わる情報を用いて電子回路の論理合成を行なう工程と、

前記情報を用いて前記スタンダードセルの配置配線を行なう工程とを含むことを特徴とする露光パターンデータ生成方法。

【請求項 1 0】 前記情報は、  
前記スタンダードセルのセル名と、  
前記スタンダードセルの前記アパーチャ上での配置位置と、  
前記スタンダードセルの信号入出力位置と、  
前記スタンダードセルの電子回路の論理シミュレーションで用いるパラメータとを含むことを特徴とする請求項 9 に記載の露光パターンデータ生成方法。

【請求項 1 1】 前記論理合成を行なう工程が、  
C P 露光に使用する前記アパーチャを決定する工程と、  
C P 露光を行なう前記スタンダードセルを決定する工程とを含むことを特徴とする請求項 9 又は請求項 1 0 に記載のパターンデータ生成方法。

【請求項 1 2】 アパーチャが有する透過孔の形状に一致するスタンダードセルに係わる情報を用いて、C P 露光に使用する前記アパーチャと C P 露光を行なう前記スタンダードセルを決定し、電子回路の論理合成を行なう論理合成手段と、

前記情報を用いて前記スタンダードセルの配置配線を行なう配置配線手段とを有することを特徴とする露光パターンデータ生成装置。

【請求項 1 3】 前記情報は、  
前記スタンダードセルのセル名と、  
前記スタンダードセルの前記アパーチャ上での配置位置と、  
前記スタンダードセルの信号入出力位置と、  
前記スタンダードセルの電子回路の論理シミュレーションで用いるパラメータとを含むことを特徴とする請求項 1 2 に記載の露光パターンデータ生成装置。

【請求項 1 4】 前記 C P 露光を行なう前記スタンダードセル以外の部分を

V S B 露光用のデータに変換する変換手段とを有することを特徴とする請求項 1 2 又は請求項 1 3 に記載の露光パターンデータ生成装置。

【請求項 1 5】 アパーチャが有する透過孔の形状に一致するスタンダードセルに係わり、

前記スタンダードセルのセル名と、

前記スタンダードセルの前記アパーチャ上での配置位置と、

前記スタンダードセルの信号入出力位置と、

前記スタンダードセルの電子回路の論理シミュレーションで用いるパラメータとを含むことを特徴とするコンピュータに露光パターンデータを生成させるためのデータを記録したコンピュータ読取り可能な記録媒体。

【請求項 1 6】 半導体装置のスタンダードセルに係わる情報を用いて前記半導体装置の論理合成を行なう工程と、

前記情報を用いて前記スタンダードセルの配置配線を行なう工程と、

荷電ビームを前記スタンダードセルの形状に成形し、半導体基板上に縮小照射・露光を行ない前記配置配線を行なう工程とを有することを特徴とする半導体装置の製造方法。

【請求項 1 7】 半導体装置のスタンダードセルに係わる情報を用いて前記半導体装置の論理合成を行なう工程と、

前記情報を用いて前記スタンダードセルの配置配線を行なう工程と、

荷電ビームを前記スタンダードセルの形状に成形し、フォトマスク基板上に照射・露光を行ない前記配置配線を行なう工程とを有することを特徴とするフォトマスクの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【 0 0 0 1 】

【発明の属する技術分野】

本発明は、電子やイオンの荷電ビームを用いる半導体装置やフォトマスクの微細なパターンの生成方法に関し、特に、キャラクタプロジェクション（C P）方式の荷電ビーム露光に関するものである。

【 0 0 0 2 】



## 【従来の技術】

電子ビーム露光技術は、光リソグラフィでは作製できないようなサブマイクロメートル以下の微細パターンの加工を行なうことができるため、ますます微細化、高集積化、複雑化が求められる半導体の加工技術には欠かせないものとなりつつある。しかし、代表的な電子ビーム露光方法である可変成形ビーム（VSB）露光においては、露光を行なうパターン形状によらずマスクを必要としないが、パターンを多数の微細な矩形ショットに分割して露光を繰り返すため、露光にかかる時間が長くなり、スループットが得られないという欠点がある。

## 【0003】

スループットを高めるために、ある程度の大きさのパターンを一括してショットできるキャラクタ・プロジェクション（CP）露光技術が開発されている。これは図14に示すように、電子ビーム41を矩形に成形し、CPアパーチャ50上に形成した複数のキャラクタ形状のビーム透過孔49から所望のキャラクタを選択して、電子ビーム41を所望のキャラクタ形状に成形し、基板37の所望の部分に縮小して照射する方式である。

## 【0004】

図14では、CPアパーチャ50上に4種類のキャラクタを配置し、そのうちのひとつを選択しているところを示している。このキャラクタの場合、VSB露光を行なうと、キャラクタを5個の微小長方形に分割し、5回の露光を順次繰り返すことになるが、CP露光では、一度の露光で行なえるため、電子ビームのショット回数は1/5に減少させることができる。また、CP露光を行なえないパターン（CPアパーチャ上に配置されていないキャラクタ）については、従来どおりVSB露光を行なうため、CPアパーチャ50上にVSB用の透過窓も設けている。

## 【0005】

露光時に選択できるキャラクタの数は、キャラクタ選択用の偏向器43の偏向領域内に配置できる数が上限となる。キャラクタの大きさは試料上に露光する大きさの数倍～数十倍にアパーチャ上に加工されるため、現在の露光装置では数個～百個程度のキャラクタしかCP露光で使うことができない。したがって、

これまでは、メモリセルのような繰り返し露光を行なう回数が多いものについてはC P露光を行うが、その他のパターンはC P露光が行えず、時間はかかるがV S B露光で行なうしかなかった。

【 0 0 0 6 】

また、特定用途向きI C ( A S I C ) やシステムL S Iなどのロジック製品においては、メモリよりもはるかに多くの種類のパターンが使われている。それらに対してC P露光を行なおうとして、C P露光を行なえるキャラクタの上限数までC Pアパーチャ上にパターンを並べても、どのパターンをキャラクタ化するかによって、ロジック製品毎の電子ビームのショット回数が変わってしまう。そして、ロジック製品によっては、C P露光を行なうことによるスループット向上の効果が得られなくなる場合があった。

【 0 0 0 7 】

A S I Cなどのロジック製品のレイアウト（パターンの生成）は、図15のようなフローで作成される。

【 0 0 0 8 】

まず、ステップS 3 1で製品のシステム仕様を決定する。次に、ステップS 3 2で論理式での設計記述をする。ステップS 3 3では論理合成システムを使いゲートレベルの設計記述を生成する。

【 0 0 0 9 】

ステップS 3 3の論理合成では、論理式で記述されたシステムを、従来のスタンダードセルライブラリ51に含まれるセルパターンの接続（ネットリスト）に変換する。この時のセルパターンの選択は、セルの機能、及び抵抗や容量などから計算した信号伝達のタイミングなどから、適当なものが選択される。図16にネットリストを示す。スタンダードセル53乃至58は、セル名であるAN2、EO、FA1によって区別される。スタンダードセル53乃至58が配線で接続され、全体としていわゆる集積回路として機能する。次に図15のステップS 3 4の論理最適化で論理シミュレーション・タイミング解析を行ない、違反があった所などの回路の修正を行なう。その後、ステップS 3 5で自動配置配線ツールを用いて、実レイアウトパターンを生成する。このとき、自動配置配線（P & R

）ステップ S 3 5 では、従来のスタンダードセルライブラリ 5 2 を参照し、ネットリストのセル名に対応した各スタンダードセルを配置する。図 1 7 はスタンダードセルのゲートレベルのレイアウトである。なお、以後の説明ではゲート・レイヤーを電子ビームで露光することとする。これは説明の重複を避け明確にするためである。図 1 7 ( a ) が AND ( A N 2 ) 回路、( b ) が D フリップフロップ ( F / F ) 回路、( c ) がインバータ ( I V ) のレイアウトであり、ライブラリ 5 2 に記憶されている。自動配置配線のステップ S 3 5 では、論理回路が実現できるように図 1 7 のようなスタンダードセルのレイアウトを図 1 8 ( a ) のように基板又はフォトマスクを想定した領域 6 5 に列べる。最後にそれぞれのスタンダードセル間の配線を自動で行い、従来のレイアウトが完成する。

#### 【 0 0 1 0 】

このレイアウトを基に露光を行うには、図 1 9 の様にレイアウトである従来のパターンデータ 7 0 を電子ビーム露光データ 7 5 に変換する必要がある。そのためまず、C P 露光を行うキャラクタの抽出を行う。従来は、図 1 8 ( a ) のレイアウトを眺めて同一のキャラクタ 6 1 乃至 6 4 を発見し、この図 1 8 ( b ) のキャラクタを C P 露光を行うキャラクタとして選んでいた。この選ばれたキャラクタは C P 露光データ 7 4 に変換され、選ばれなかったパターンデータは V S B 露光データ 7 3 に変換された。

#### 【 0 0 1 1 】

半導体集積回路毎にパターンデータが生成されると、集積回路毎に C P 露光キャラクタの抽出の工程と V S B 露光データと C P 露光データへのパターンデータの分割の工程が必要で、多大な時間と労力を要していた。

#### 【 0 0 1 2 】

##### 【発明が解決しようとする課題】

本発明は上記事情に鑑みてなされたものであり、その目的とするところは、ロジック製品のような繰り返しパターンの少ない集積回路でも C P 露光が行なえ、C P 露光を行なうことによるスループット向上の効果が得られ、荷電ビーム露光データが容易に生成できる荷電ビーム露光装置を提供することにある。

#### 【 0 0 1 3 】

本発明の目的は、ロジック製品のような繰り返しパターンの少ない集積回路でもＣＰ露光が行なえ、ＣＰ露光を行なうことによるスループット向上の効果が得られ、荷電ビーム露光データが容易に生成できるアパーチャを提供することである。

【 0 0 1 4 】

本発明の目的は、ロジック製品のような繰り返しパターンの少ない集積回路でもＣＰ露光が行なえ、ＣＰ露光を行なうことによるスループット向上の効果が得られ、荷電ビーム露光データが容易に生成できる荷電ビーム露光方法を提供することである。

【 0 0 1 5 】

本発明の目的は、ロジック製品のような繰り返しパターンの少ない集積回路でもＣＰ露光が行なえ、ＣＰ露光を行なうことによるスループット向上の効果が得られ、荷電ビーム露光データが容易に生成できる半導体装置の製造方法を提供することである。

【 0 0 1 6 】

本発明の目的は、ロジック製品のような繰り返しパターンの少ない集積回路でもＣＰ露光が行なえ、ＣＰ露光を行なうことによるスループット向上の効果が得られ、荷電ビーム露光データが容易に生成できるフォトマスクの製造方法を提供することである。

【 0 0 1 7 】

本発明の目的は、ロジック製品のような繰り返しパターンの少ない集積回路でもＣＰ露光が行なえ、ＣＰ露光を行なうことによるスループット向上の効果が得られ、荷電ビーム露光データが容易に生成できる露光パターンデータ生成方法を提供することである。

【 0 0 1 8 】

本発明の目的は、ロジック製品のような繰り返しパターンの少ない集積回路でもＣＰ露光が行なえ、ＣＰ露光を行なうことによるスループット向上の効果が得られ、荷電ビーム露光データが容易に生成できる露光パターンデータ生成装置を提供することである。

## 【 0 0 1 9 】

本発明の目的は、ロジック製品のような繰り返しパターンの少ない集積回路でもＣＰ露光が行なえ、ＣＰ露光を行なうことによるスループット向上の効果が得られ、荷電ビーム露光データが容易に生成できる露光パターンを生成するためのデータを記録した記録媒体を提供することである。

## 【 0 0 2 0 】

## 【課題を解決するための手段】

上記目的を達成するため、本発明の第１の特徴は、デバイス設計の際に用いられるスタンダードセルの形状の荷電ビーム成形用の透過孔を有するアパーチャであることである。ここで、「スタンダードセル」とは、セルライブラリ内で定義されているパターンのことである。「荷電ビーム」とは、電子ビームとイオンビームのことである。「アパーチャ」とは、荷電ビームの絞りのことである。このことにより、特に特定用途向きＩＣ（ＡＳＩＣ）やシステムＬＳＩなどのロジックデバイスを作製する場合においては、設計の際に用いられるセルライブラリ内で定義されているパターン（スタンダードセル）の形状を電子ビーム透過窓としてアパーチャ上に作製しておき、ＣＰ露光を行なうキャラクタとすることにより、従来よりも高スループットの電子ビーム露光を実現する。さらに、スタンダードセルをＣＰ露光を行なうキャラクタとすることにより、充分に電子ビームのショット数を削減することができるため、スループットの向上を行なうことができる。

## 【 0 0 2 1 】

本発明の第１の特徴は、透過孔が、使用頻度のより高いスタンダードセル、あるいは、ＣＰ露光を行なうことによりＶＳＢ露光を行なった場合よりショット数の削減効果のより高いスタンダードセルの形状であることにより一層効果的である。このことにより、セルライブラリ内のスタンダードセルは、製品ごとに変わるものではなく、複数の製品について共通に使われるため、製品が変わる度に、リソグラフィを行なうためのマスクを作製する必要がなく、低コストであり、かつ、設計パターンデータの入手後すぐに露光にとりかかることができる。また、ＣＰアパーチャ上に配置することができるキャラクタ数が限られていて、全ての

スタンダードセルをＣＰ露光を行なうキャラクタ化することが出来ないような場合でも、複数の製品でのスタンダードセルのＣＰ化効率を調べることにより、スタンダードセルライブラリ内のどのスタンダードセルをＣＰ露光で露光するのが、複数の製品で同じＣＰアパーチャを使用して露光を行ったときに、効果的にショット数を削減できるのかを調べることができ、複数のロジック製品間で使用することができるＣＰアパーチャを作製することができる。

## 【 0 0 2 2 】

本発明の第１の特徴は、アパーチャがＶＳＢ用開口部を有することにより一層効果的である。このことにより、１つの半導体装置に対してＣＰ露光とＶＳＢ露光を併用できる。特に、使用回数の少ないスタンダードセルや、ショット数削減の効果の小さいスタンダードセルをＶＳＢ露光で処理することにより、スループットを著しく落とすことなくＣＰアパーチャ上に配置するキャラクタ数を抑えることができる。

## 【 0 0 2 3 】

本発明の第２の特徴は、荷電ビームをアパーチャにより所望の形状に成形し、試料に縮小照射・露光を行なうＣＰ方式の荷電ビーム露光装置において、アパーチャが、デバイス設計の際に用いられるスタンダードセルの形状の荷電ビーム成形用の透過孔を有する荷電ビーム露光装置であることである。このことにより、ＣＰ露光を行なうキャラクタに割り当てるスタンダードセルは、ロジック製品の世代が変わるまでは大幅な変更はなく、これらをＣＰアパーチャ上に並べて作製したＣＰアパーチャは、複数のロジック製品間で共通して使うことができる。そのため、同じスタンダードセルライブラリを用いて設計したロジック製品であれば、常に同じＣＰアパーチャを使用することができるため、設計パターンのレイアウトデータを作成できたら、すぐに電子ビーム露光に取りかかることができる。複数のロジック製品間で、使われているスタンダードセルの傾向が大幅に異なる場合に対応するために、複数のＣＰアパーチャを作製しておき、各ロジック製品の電子ビーム露光を行なうときに、ＣＰアパーチャを入れ換える、または、別の偏向領域にあるＣＰアパーチャを選択する、などの方法を取ることもでき、より多くのロジック製品に対応することが可能となる。

## 【 0 0 2 4 】

本発明の第 3 の特徴は、荷電ビームをアパーチャにより所望の形状に成形し、試料に縮小照射・露光を行なう C P 方式の荷電ビーム露光方法において、所望の形状が、デバイス設計の際に用いられるスタンダードセルの形状の荷電ビーム成形用の透過孔である荷電ビーム露光方法であることである。このことにより、本提案によるロジック製品のレイアウトパターンデータは、始めから C P 露光を行なうスタンダードセルが決められているため、パターンデータから C P 露光を行なうキャラクタの抽出を行なう必要もなく、また、既にある汎用 C P アパーチャの使用を前提としているので、製品ごとに C P アパーチャを作製する必要もないため、マスク製作のコストを削減することができ、そして、パターンデータの生成後、すぐ電子ビーム露光を行なうことができるため、製品を発注してから出来上がるまでの時間を短縮することが可能である。

## 【 0 0 2 5 】

本発明の第 4 の特徴は、アパーチャが有する透過孔の形状に一致するスタンダードセルに係わる情報を用いて電子回路の論理合成を行なう工程と、その情報を用いてスタンダードセルの配置配線を行なう工程とを含む露光パターンデータ生成方法であることである。このことにより、C P 露光を行なうキャラクタをスタンダードセルとしてライブラリ化し、設計時にはこれらのキャラクタからパターン選択することにより、設計を容易にすると共に、電子ビーム露光を行なうためのデータ変換にかかる時間も短縮することができる。また、A S I C などのロジック製品の設計段階で電子ビーム露光を考慮したパターンデータを生成することができ、適切な C P アパーチャを使用することにより、最高のスループットが得られることが、設計段階で確認できる。また、新しい C P アパーチャを作製する必要があるとわかった場合は、使用するスタンダードセルが確定した時点で C P アパーチャの作製に取りかかることができるため、C P アパーチャを作製する場合でも開発期間を短縮する事ができる。

## 【 0 0 2 6 】

本発明の第 4 の特徴は、そのスタンダードセルに係わる情報が、スタンダードセルのセル名と、スタンダードセルのアパーチャ上での配置位置と、スタンダー

ドセルの信号入出力位置と、スタンダードセルの電子回路の論理シミュレーションで用いるパラメータとを含むことにより一層効果的である。このことにより、この情報、および、汎用CPアパーチャを使用することにより、データサイズの巨大化を防ぐために、CP露光を行なうスタンダードセルのポリゴンデータを省略することができる。したがって、この方法でファイルサイズを小さくしたパターンデータに対しては、インターネットなどのネットワークを使用した設計データのダウンロードや、アップロードなどが短時間で行なうことができ、社外からの発注や、社外でのプロセスなど、これまで困難であったことも、比較的容易に行なうことができるようになる。

## 【 0 0 2 7 】

本発明の第4の特徴は、論理合成を行なう工程が、CP露光に使用するアパーチャを決定する工程と、CP露光を行なうスタンダードセルを決定する工程とを含むことにより効果的である。このことにより、論理合成を行なう工程でCP露光を行なうスタンダードセルが決められているため、パターンデータからCP露光を行なうキャラクタの抽出を行なう必要もなく、また、論理合成を行なう工程で決定したCPアパーチャの使用を前提としているので、パターンデータの生成後、すぐ電子ビーム露光を行なうことができるため、製品を発注してから出来上がるまでの時間を短縮することが可能である。

## 【 0 0 2 8 】

本発明の第5の特徴は、アパーチャが有する透過孔の形状に一致するスタンダードセルに係わる情報を用いてCP露光に使用する前記アパーチャとCP露光を行なうスタンダードセルを決定し電子回路の論理合成を行なう論理合成手段と、その情報を用いてスタンダードセルの配置配線を行なう配置配線手段とを有する露光パターンデータ生成装置であることである。このことにより、特に特定用途向きIC（ASIC）やシステムLSIなどのロジックデバイスを作製する場合においては、設計の際に用いられるセルライブラリ内で定義されているパターン（スタンダードセル）の形状を電子ビーム透過窓としてアパーチャ上に作製しておき、CP露光を行なうキャラクタとすることにより、従来よりも高スループットの電子ビーム露光を実現する。さらに、スタンダードセルをCP露光を行なう



キャラクタとすることにより、充分に電子ビームのショット数を削減することができるため、スループットの向上を行なうことができる。

## 【 0 0 2 9 】

本発明の第 5 の特徴は、C P 露光を行なうスタンダードセル以外の部分を V S B 露光用のデータに変換する変換手段を有することにより効果的である。このことにより、C P 露光と V S B 露光との併用が可能になる。

## 【 0 0 3 0 】

本発明の第 6 の特徴は、アパーチャが有する透過孔の形状に一致するスタンダードセルに係わり、スタンダードセルのセル名と、スタンダードセルのアパーチャ上での配置位置と、スタンダードセルの信号入出力位置と、スタンダードセルの電子回路の論理シミュレーションで用いるパラメータとを含む電子ビーム露光用のスタンダードセルライブラリを用いて露光パターンを生成させるためのデータを記録したコンピュータ読取り可能な記録媒体であることである。ここで、「記録媒体」としては、例えば半導体メモリ、磁気ディスク、光ディスク、磁気テープなどのプログラムを記録できるような媒体が含まれる。このことにより、データサイズの巨大化を防ぐために、C P 露光を行なうスタンダードセルのポリゴンデータを省略することができる。したがって、この方法でファイルサイズを小さくしたパターンデータに対しては、インターネットなどのネットワークを使用した設計データのダウンロードや、アップロードなどが短時間で行なうことができ、社外からの発注や、社外でのプロセスなど、これまで困難であったことも、比較的容易に行なうことができるようになる。

## 【 0 0 3 1 】

本発明の第 7 の特徴は、半導体装置のスタンダードセルに係わる情報を用いて半導体装置の論理合成を行なう工程と、スタンダードセルに係わる情報を用いてスタンダードセルの配置配線を行なう工程と、荷電ビームをスタンダードセルの形状に成形し半導体基板上に縮小照射・露光を行ない配置配線を行なう工程とを有する半導体装置の製造方法であることである。このことにより、半導体装置の製造の際の露光の工程で C P 露光が可能になる。

## 【 0 0 3 2 】

本発明の第 8 の特徴は、半導体装置のスタンダードセルに係わる情報を用いて半導体装置の論理合成を行なう工程と、その情報を用いてスタンダードセルの配置配線を行なう工程と、荷電ビームをスタンダードセルの形状に成形しフォトマスク基板上に照射・露光を行ない配置配線を行なう工程とを有するフォトマスクの製造方法であることである。このことにより、半導体装置の製造の際の露光の工程で使用するフォトマスクが迅速に製造できる。

【 0 0 3 3 】

【発明の実施の形態】

以下図面を参照して、本発明の実施の形態を説明する。以下の図面の記載において、同一又は類似の部分には同一又は類似の符号を付している。ただし、図面は模式的なものであり、現実のものとは異なることに留意すべきである。また図面相互間においても互いの寸法の関係や比率の異なる部分が含まれるのはもちろんである。

【 0 0 3 4 】

図 1 は本発明に係る荷電ビーム露光装置の概念的な構成図である。本発明に係る荷電ビーム露光装置は、電子ビーム 4 1 を発生させる電子銃 4 0 と、電子ビーム 4 1 を矩形に成形する第 1 成形アパーチャ 4 2 と、矩形の電子ビーム 4 1 を偏向して望みのスタンダードセル形状の電子ビーム成形孔 4 に照射するキャラクタ選択偏向器 4 3 と、成形孔 4 と V S B 用の開口 7 を有する C P アパーチャ 4 4 又は C P アパーチャブロックと、成形孔 4 で成形された電子ビーム 4 0 を縮小する縮小レンズ 4 5 と、電子ビーム 4 1 を偏向して基板 4 7 上の望みの位置にスタンダードセル形状の電子ビーム 4 1 を照射する対物偏向器 4 6 とで構成される。C P アパーチャ 4 4 上には 4 種類のスタンダードセル形状の電子ビーム成形孔 4 を配置し、そのうちの一つを選択しているところを示している。この成形孔 4 のキャラクタの場合、V S B 露光を行なうと、キャラクタを数十個の微小長方形に分割し露光を順次繰り返すことになるが、C P 露光では、スタンダードセル毎に一度の露光で行なえる。また、C P 露光を行なえないパターン（C P アパーチャ上に配置されていないキャラクタ）については、従来どおり V S B 露光を行なうため、C P アパーチャ 4 4 上に V S B 用の透過窓 7 も設けている。

## 【 0 0 3 5 】

A S I C に代表されるロジック製品の設計パターンは、図 2 のようなフローで作成される。今回は、各工程でのシミュレーションやタイミング解析などは特に関係ないため省略した。ステップ S 1 で製品のシステム使用を決定したら、それに対してステップ S 2 のシステム論理設計で論理式での設計記述をする。そして、ステップ S 3 の論理合成と C P アパーチャの選択において、論理合成システムを使いゲートレベルの設計記述を生成する。ステップ S 3 では、論理式で記述されたシステムを、C P 情報を有するスタンダードセルライブラリ 1 に含まれるセルパターンの接続（ネットリスト）に変換する。この時のセルパターンの選択は、セルの機能、及び抵抗や容量などから計算した信号伝達のタイミングなどを参考にして、適当なものが選択される。

## 【 0 0 3 6 】

次に、ステップ S 4 の論理最適化で論理シミュレーション及びタイミング解析を行ない、違反があった所などの回路の修正を行なう。その後、ステップ S 5 の自動配置配線で、自動配置配線ツールを用いて、実レイアウトパターンを生成する。自動配置配線（P & R）では、C P 情報を有するスタンダードセルライブラリ 2 を参照し、ネットリストに対応した各スタンダードセルを配置し、（ゲートレベルの設計記述に対応した各スタンダードセルを配置し、）それぞれのスタンダードセル間の配線を自動で行なう。そして、ロジック製品のレイアウトである設計パターンが完成する。

## 【 0 0 3 7 】

スタンダードセルは、論理合成のための情報、回路配置のための情報と C P 情報を有している。論理合成のための情報は図 2 のライブラリ 1 で引き出されるデータであり、例えばセルの大きさ、機能、性能などである。回路配置のための情報は図 2 のライブラリ 2 で引き出されるデータであり、例えば回路のゲートレイヤーの具体的な形、配線が接続される入出力の位置などである。C P 情報には、このセルがどの C P アパーチャのどこに配置されているかが記載されている。したがって、セルによっては複数のアパーチャに配置されている場合もあるし、アパーチャに配置されておらず C P 情報が無い場合もある。

## 【0038】

すなわち、作成された設計レイアウトパターン・データは、パターンが大規模になるにしたがって、セルの階層構造ができていく。CP露光を行なう部分は、ゲート・レイヤーなどでは、すべてそれぞれのスタンダード・セル単位となるため、例えば、一般的に使われるGDSII STREAM形式のパターンデータであっても、CP露光を行なうスタンダードセルを配置している位置だけがわかればよいので、そのまま使用することができる。

## 【0039】

図3はCP情報を有するスタンダードセルライブラリ1と2を用いたASIC製品の設計パターンのデータ構造を示している。図2のライブラリ1とライブラリ2はそれぞれから取り出されるデータが異なるので分けて表記したが、記録される領域は同じで2つのライブラリを総称してスタンダードセルライブラリと呼んでもかまわない。これによると、このASIC製品を構成する複数の機能ブロックが、それぞれ、数多くのスタンダードセルにより構成されていることが分かる。それらスタンダードセルについても、論理合成をしたときに参照したスタンダードセルライブラリは同じでも、露光の際に使用すると仮定したCPアパーチャによっては、図3のように、CP情報を有するものと、CP情報をもたないものが存在することになる。

## 【0040】

そして、さらに設計の簡便さと、作成したレイアウトパターン・データからの各電子ビーム露光装置内の露光データへの変換を簡略にして、変換にかかる時間を短縮するためにも、電子ビーム露光用のスタンダードセルライブラリを新たに作成し、これを用いた自動P&R、そしてレイアウト・データの生成を行なうことが望ましい。この電子ビーム露光用スタンダードセルライブラリとは、ライブラリ内のどのスタンダードセルがCP露光を行なうキャラクタとなっているのか、そのCPアパーチャ上での位置がわかるようになっていけばよい。すなわち、前記CP情報を付加すればよい。

## 【0041】

図4は、電子ビーム露光用スタンダードセルライブラリのデータ構造を示して

いる。このデータ構造には、スタンダードセル毎に、セルがアパーチャ上のセルか否かの情報が納められる。さらに、アパーチャ上のセルであれば、そのアパーチャ上の位置情報、信号入出力位置の情報と集積回路のシミュレーションに使用するセルの機能と性能を示すパラメータの情報と、アパーチャに無いセルであれば、セルの詳細なレイアウトと上記パラメータの情報とが納められる。

#### 【 0 0 4 2 】

スタンダードセルライブラリは、一般に数百のスタンダードセルで構成される。通常の A S I C 製品の設計は、これらスタンダードセルの自動 P & R により行なわれ、大規模のものも、各機能ブロックごとに自動 P & R を行ない統合する階層設計が適用される。

#### 【 0 0 4 3 】

したがって、このような手法で設計した A S I C 製品のパターンは、大部分がスタンダードセルで構成され、セル内のレイヤーについては、各スタンダードセル内でのみ定義されている。これに対して、これら各スタンダードセルをつなぐ自動 P & R で配線されるパターンは、スタンダードセル内では定義されておらず、セルの入出力の位置の情報を用いて生成される。

#### 【 0 0 4 4 】

すなわち、ゲートレイヤーなどのスタンダードセル内にしかないパターンの露光を C P 方式の電子ビーム露光により行なう場合は、スタンダードセルライブラリ内で定義されているスタンダードセルのひとつひとつをそれぞれ C P 露光を行なうキャラクタとしてやれば、すべてのパターンを C P 露光により作製することができることになることがわかる。

#### 【 0 0 4 5 】

次に、C P アパーチャを参照したスタンダードセルライブラリを用いたロジック製品の回路パターンの設計とレイアウトパターンデータの作成方法について説明する。電子ビーム露光用のスタンダードセルライブラリは、図 3 のように階層構造になっている。すなわち、パターンが大規模になるにしたがって、使用するスタンダードセルの種類および使用回数は多くなり、セルの階層構造が作られて行く。C P 露光を行なう部分は、すべてそれぞれのスタンダードセル単位となる

。CP露光を行なうスタンダードセルを配置している位置だけがわかればよい  
ため、ライブラリをそのまま使用することができる。

【0046】

そして、異なる製品に対して異なるCPアパーチャを選択してCP露光を行な  
う場合には、どのCPアパーチャ上に、各スタンダードセルが形成されているも  
のかも情報として持っているため、以下のようなパターン設計を行なうことがで  
きる。

【0047】

図5のような、複数のキャラクタ選択偏向領域に対応したアパーチャブロック  
3をもち、異なったスタンダードセルの使用傾向のロジック製品の電子ビーム露  
光の際に、異なるアパーチャブロック3内のスタンダードセル4を選択すること  
ができるように、CPアパーチャ5を機械的に移動させる機構を露光装置に持た  
せておくことも可能である。このように、CPアパーチャ5上に複数のアパー  
チャブロック4を有する場合、あるいは、複数の製品に対応したCPアパーチャが  
複数ある場合は、

(1) 電子ビーム露光用スタンダードセルライブラリを用いた自動P&Rを行な  
う。

【0048】

(2) 選択したスタンダードセルがどのCPアパーチャ及びアパーチャブロック  
上にCP露光を行なうキャラクタとした形成されているかを調べ、電子ビームの  
ショット回数が最も少なくなるようなCPアパーチャ及びアパーチャブロックを  
選択する。

【0049】

(3) 選択したCPアパーチャ上に形成されているスタンダードセルに対しては  
、パターンデータとしてCPアパーチャ上のそのスタンダードセルの位置を、ま  
た、それ以外のスタンダードセルに対しては、VSB露光を行なうため、従来ど  
おり、パターンのポリゴンデータを出力する。

【0050】

また、汎用CPアパーチャを一種類しか持っていない場合、あるいは、何らか

の理由により予め使用するCPアパーチャを複数の中から、あるCPアパーチャ及びアパーチャブロックを選択してCP露光を行なう場合は、

(1) そのアパーチャ内に構成されているスタンダードセルを優先的に自動配置する。

【0051】

(2) (1) のスタンダードセルについてはCPアパーチャ及びアパーチャブロック上の配置位置を、それ以外のパターンは、VSB露光用にポリゴンデータを出力する。

【0052】

ライブラリ内では、すべてそれぞれのスタンダードセル内でパターンの形状6が定義されている。CP露光を行なうキャラクタを各スタンダードセル単位とする。各CP露光を行なうスタンダードセルは、そのパターンの形状6を図6のように、CPアパーチャブロック3上で定義されており、パターンデータ内では、各セルのチップ上への配置位置がわかればよい。

【0053】

スタンダードセル形状のCPアパーチャを用いてCP方式の電子ビーム露光を行なう場合に、CP情報を有する電子ビーム露光用スタンダードセルライブラリを用いた、電子ビーム露光に適したパターンデータの生成方法について説明する。この生成方法は図2のステップS3乃至S5に該当するもので、特に、ステップS3の論理合成の方法に関するものである。

【0054】

図7に、電子ビーム露光用パターンデータ生成のフローチャートを示す。また、各ステップの説明でアパーチャとあるのは、偏向領域ひとつ分に対応したアパーチャブロックと同等であり、CPアパーチャ上に複数のアパーチャブロックがある場合は、ひとつひとつのアパーチャブロックのことを指す。

【0055】

まずステップS11において、図2で示した論理設計において記述された論理式の論理合成を、あるCPアパーチャを用いて露光することを仮定し、CP露光を行なうセル、すなわちCPアパーチャ上にあるスタンダードセルのみを用いて

行なう。このとき、合成した電子回路の面積や、動作周波数などを設計制約条件として指定する。

【0056】

ステップS12では、すべてのCPアパーチャに対してステップS11の論理合成を行うまでステップS11に繰り返す。

【0057】

ステップS13において、ステップS11およびS12で合成したネットリストのうち、指定した制約条件を満足するものを抽出する。すなわち、使用することができるCPアパーチャの候補を抽出する。

【0058】

ステップS14では、CPアパーチャ上のセルだけで論理合成した場合に、条件を満足するようなCPアパーチャがあるか否か判断する。満足するCPアパーチャがあればステップS15へ進み、なければステップS17へ進む。

【0059】

ステップS15において、使用することができるCPアパーチャのうち、電子ビームショット数が最も少なくなるCPアパーチャを選択する。

【0060】

ステップS16において、ステップS15で選択したCPアパーチャに対して論理合成をしたネットリストを用いてP&Rを行ない、パターンデータを生成して、このフローを終了する。ここで生成したパターンデータに対して、選択したCPアパーチャを用いて電子ビーム露光を行なうと、すべてのパターンをCP露光により形成することができる。

【0061】

一方、ステップS17に進むと、ステップS14で既存のCPアパーチャを用いてCP露光のみでパターンを形成することができないと判断されたわけなので、CPアパーチャ上のセルのみを用いるという制限をなくして、再度論理合成を行なう。

【0062】

ステップS18において、ステップS17で合成したパターンについて、各C



P アパーチャを用いて露光する場合の電子ビームショット数を計算する。このとき、用いるCPアパーチャ上にあるセルについてはCP露光、その他のセルはVSB露光を行なうとして計算する。

## 【 0 0 6 3 】

ステップS19によって、ステップS18のショット数の計算を、すべてのCPアパーチャに対して行なう。

## 【 0 0 6 4 】

ステップS20において、ステップS18で計算したショット数が最も少なくなるCPアパーチャを選択する。

## 【 0 0 6 5 】

ステップS21において、ステップS20で選択したショット数をスループットに換算する。スループットは式1により簡易的に計算することができる。

## 【 0 0 6 6 】

スループット (枚/h)

$$= 3600 / (\text{ショットサイクル} \times \text{ショット数} \times \text{チップ数} + \text{待ち時間}) \cdots (1)$$

ここで、ショットサイクルは露光を繰り返す周期で、実際に電子ビームを照射する時間とビームの偏向待ち時間の和になる。また、ショット数は、通常のパターン設計はチップ単位で行なわれるため、チップ単位のショット数であり、したがってチップ数はウェーハあたりのチップ数である。そして、待ち時間は、その他のウェーハあたりの待ち時間の合計であり、フレームの折り返し時間、主偏向待ち時間、マーク検出やビームアライメントにかかる時間の、ウェーハあたりの合計時間である。これらのショットサイクルや待ち時間は、プロセス条件や、用いる電子ビーム露光装置により決まる値である。したがって、パターンの設計時またはパターンデータ生成時において、その後のプロセスや露光装置を意識することが必要となる。あるいは、一般的なプロセスおよび装置の条件で計算を行ない、実際の露光での値に換算して、スループットの見当をつけるのでもよい。

## 【 0 0 6 7 】

ステップS22において、ステップ21で計算したスループットが、希望スループット以上かどうかを調べる。

## 【 0 0 6 8 】

ステップ S 2 3 において、希望するスループットを下回る結果が出た場合は、ステップ S 1 7 で合成したネットリストに含まれるスタンダードセルの C P 化効率の大きい順にセルを抽出し、新たに C P アパーチャを製作する。

## 【 0 0 6 9 】

ステップ S 2 4 において、ステップ S 2 2 で希望するスループットが得られる場合はステップ S 2 0 で選択した C P アパーチャ、ステップ S 2 3 で新しい C P アパーチャを作製する場合はその C P アパーチャを用いる場合のパターンデータを、P & R により生成し、フローは終了する。

## 【 0 0 7 0 】

なお、このフローは露光パターンデータ生成装置で行われる。この生成装置は、ステップ S 1 1 乃至 S 1 5 とステップ S 1 7 乃至 S 2 3 を行う、すなわち、アパーチャが有する透過孔の形状に一致するスタンダードセルに係わる情報を用いて C P 露光に使用する前記アパーチャと C P 露光を行なう前記スタンダードセルを決定し電子回路の論理合成を行なう論理合成手段と、ステップ S 1 5 と S 2 4 を行う、スタンダードセルに係わる情報を用いてスタンダードセルの配置配線を行なう配置配線手段と、C P 露光を行なうスタンダードセル以外の部分を V S B 露光用のデータに変換する変換手段を含んでいる。

## 【 0 0 7 1 】

露光を行なうパターンデータを生成する過程で、露光時に使用する C P アパーチャについて、どの C P アパーチャを使用するのか、あるいは新しく作製するのかを決定することができる。

## 【 0 0 7 2 】

すなわち、A S I C などのロジック製品の設計段階で電子ビーム露光を考慮したパターンデータを生成することができる。さらに、適切な C P アパーチャを使用することにより、最高のスループットが得られることが、設計段階で確認できる。また、新しい C P アパーチャを作製する必要があるとわかった場合は、使用するスタンダードセルが確定した時点で C P アパーチャの製作にとりかかることができる。この方法では、光露光用のマスクでは、最終的なパターン・レイアウト

トが決まらなと作製できないのに較べて、開発期間の短縮の面で大いにメリッ  
トがある。

### 【 0 0 7 3 】

#### 【実施例】

以下図面を参照して、本発明の実施例を説明する。以下の図面の記載において、同一又は類似の部分には同一又は類似の符号を付している。ただし、図面は模式的なものであり、現実のものとは異なることに留意すべきである。また図面相互間においても互いの寸法の関係や比率の異なる部分が含まれるのはもちろんである。

### 【 0 0 7 4 】

今回の実施例で用いたスタンダードセルライブラリには、約 4 0 0 個のスタンダードセルが含まれている。すべて配置することができれば、同じスタンダードセルライブラリを用いて自動 P & R されて設計された製品については、すべて C P 露光を行なうことができることになる。

### 【 0 0 7 5 】

その中のあるロジック製品のある機能ブロックで、自動 P & R により設計された部分について、実際の設計データを検証してみた。この機能ブロックで使われているスタンダードセルのリストを、図 8 に示す。実際には、N o . 1 から N o . 1 0 1 の 1 0 1 種類があるのだが、図 8 には 8 3 種類まで示した。ここで、N o . 1 の F D 1 Q という名前のセルのゲート・レイヤーのパターンは、図 1 7 ( b ) の D ・ F / F そのものである。同様に、N o . 7 の A N 2 および N o . 2 8 の I V は、図 1 7 ( a ) の A N D および ( c ) のインバータである。

### 【 0 0 7 6 】

スタンダードセルの大きさは、高さはすべて 1 0  $\mu$  m 以下にそろえられており、幅がそれぞれ異なっている。

### 【 0 0 7 7 】

図 8 には、そのセルの配置数（使用回数）と、試料上に照射するときの最大の電子ビームの大きさは 1 0  $\mu$  m 口として計算した、V S B 露光でのショット数と C P 露光でのショット数を示している。

## 【0078】

各セルの高さは10  $\mu\text{m}$ 以下であるので、CP露光一回分であるが、幅が10  $\mu\text{m}$ を超えるセルについては、CPアパーチャ上に二つ以上のキャラクタに分割して配置し、そのセルパターンのCP露光は、複数の電子ビームのショットで行なう必要がある。例えば、No. 1のFD1Qの幅は13.2  $\mu\text{m}$ であるため、CP露光を行なうためには二つのキャラクタとして、CPアパーチャ上に配置する必要があることになる。

## 【0079】

なお、効果の欄には、スタンダードセルをCP露光により露光することにより、VSBで露光した場合と比べてどれくらいのショット数の削減効果があるのかを示すCP化効率を数値で示した。CP化効率は式2で計算する。

## 【0080】

$$(\text{CP化効率}) = (\text{VSBショット数} - \text{CPショット数}) \times (\text{配置回数}) / (\text{CPショット数}) \quad \dots (2)$$

図8のリストは、このCP化効率の大きいスタンダードセルから順番に番号を付けて並べている。配置回数が一番多いのはNo. 28のインバータであるが、VSB露光で必要なショット数が少ないため28番目となっている。

## 【0081】

この機能ブロックで使われているスタンダードセルは101種類であるが、それぞれの大きさを考えると、全部で136個分のキャラクタが必要となることがわかった。図8には、ちょうど100個分のキャラクタが必要となる、83個のスタンダードセルまで、リストした。

## 【0082】

この機能ブロック全体をVSB露光のみで露光すると、11.3M（メガ）ショットかかるのに対して、すべてをCP露光できる136個のキャラクタをCPアパーチャ上に配置すれば、39.3K（キロ）ショットで済むことになる。すなわち、ショット数はすべてCP露光を行なうことにより、約1/28に削減され、大幅に電子ビーム露光のスループットを向上させることができる。また、すべてのスタンダードセルをCP露光で露光しなくても、例えば100個分のキャラクタ

ラクタが必要となる、83個のスタンダード・セルをCP露光で露光するとした場合、その他のスタンダード・セルはVSB露光を行なったとして、総ショット回数は47.6Kである。この場合でも、VSB露光のみのときと比べて、約1/23に削減でき、充分スループットを向上させることができる。この関係を、横軸にCP露光を行なうキャラクタ数、縦軸にこの機能ブロック全体を露光するのに必要な電子ビームショット回数として示したのが図9である。

## 【0083】

以上のように、ASICやシステムLSIなどのロジック製品の設計で使われるスタンダードセルライブラリに含まれるスタンダードセルひとつひとつを、CP露光を行なうキャラクタとすることにより、図5あるいは図6のようにCP露光を行うスタンダードセルに対応したCPアパーチャを作製する事ができる。

## 【0084】

あるロジック製品の機能ブロックについては、101種類のスタンダードセルを10 $\mu$ m口の電子ビームに対して必要なキャラクタ数である136個のキャラクタをCPアパーチャ上に用意できれば、VSB露光のみの場合と比べて、約1/28に、また、100個分のキャラクタとなる83種類のスタンダードセルをCP露光を行なうキャラクタとした場合では、約1/23にまで、電子ビームのショット回数を削減させられることがわかった。

## 【0085】

CP露光を行なうキャラクタに割り当てるスタンダードセルは、ロジック製品の世代が変わるまでは大幅な変更はなく、複数のロジック製品で共通に用いられる、半導体デバイスを構成する基本的な回路素子である。このことから、プリミティブ・セルとも呼ばれているが、これらをCPアパーチャ上に並べて作製したCPアパーチャは、複数のロジック製品間で共通して使うことができる。そのため、同じスタンダードセルライブラリを用いて設計したロジック製品であれば、常に同じCPアパーチャを使用することができるため、図2で設計パターンのレイアウトデータを作成できたら、すぐに電子ビーム露光にとりかかることができる。

## 【0086】

一方、現在の光での露光では、レイアウトデータを作成した後、光近接効果補正をしてから、露光用マスクを作製するため、実際に露光を行なうまでに非常に時間がかかる。ここで、このようにスタンダードセルをCP露光を行なうキャラクタとすることにより、十分に電子ビームのショット数を削減することができるため、光露光に匹敵するスループットも期待できる。

## 【 0 0 8 7 】

また、CPアパーチャ上に配置することができるキャラクタ数が限られていて、すべてのスタンダードセルをCP露光を行なうキャラクタ化することができないような場合でも、複数の製品でのスタンダードセルのCP化効率を調べることで、スタンダードセルライブラリ内のどのスタンダードセルをCP露光で露光するのが、複数の製品で同じCPアパーチャを使用して露光を行なったときに、効果的にショット数を削減できるかを調べることができ、複数のロジック製品間で使用することができるCPアパーチャを作製することができる。

## 【 0 0 8 8 】

また、このとき、CP化効率の大きいものほどアパーチャの中央に配置するなどして、CP化効率の大きなスタンダードセル間のCPアパーチャ上での距離を小さくして配置することにより、CPアパーチャ上に照射する電子ビームの移動距離が短く抑制されるため、露光時間の短縮を期待することができる。

## 【 0 0 8 9 】

さらに、複数のロジック製品間で、使われているスタンダードセルの傾向が大幅に異なる場合に対応するために、複数のCPアパーチャ5を作製しておき、各ロジック製品の電子ビーム露光を行なうときに、CPアパーチャ5を入れ換えることにより、より多くのロジック製品に対応することが可能となる。また、図5に示すようにCPアパーチャ5上に、複数のキャラクタ選択偏向領域に対応できるように、複数のアパーチャブロック3が用意してあれば、各ロジック製品の露光毎に、使用するアパーチャブロック3を選択すればよい。

## 【 0 0 9 0 】

ライブラリ内では、すべてそれぞれのスタンダードセル内でパターンの形状が定義されている。CP露光を行なうキャラクタを各スタンダード・セル単位とす

る。各CP露光を行なうスタンダードセルは、そのパターンの形状6を図6のように、CPアパーチャブロック3上で定義されており、パターンデータ内では、各セルのチップ上への配置位置がわかればよい。例えば、一般的に使われるGDSII STREAM形式のようなパターンデータであっても、CP露光を行なうスタンダードセルについては、配置している位置だけが記述されておればよく、それに対してVSB露光を行なうパターンについては、従来通り、パターンの形状を頂点座標列などの形式でもっていなければならない。

#### 【0091】

さらに、設計の簡便さと、作成したレイアウトパターン・データからの各電子ビーム露光装置内の露光データへの変換を簡略にして、変換にかかる時間を短縮するためにも、電子ビーム露光用のスタンダードセルライブラリを用意し、これを用いた論理合成および自動P&R、そしてレイアウト・データの生成を行なうことが望ましい。

#### 【0092】

この電子ビーム露光用スタンダードセルライブラリは、ライブラリ内のどのスタンダードセルがCP露光を行なうキャラクタとなっているのか、そのCPアパーチャ上での位置がわかるようになっていけばよい。すなわち、図4のように、CP露光を行なうセルは、アパーチャ上に形状が定義されているためパターン形状は必要なく以下の3つの情報を持っている。

#### 【0093】

1. セルのCPアパーチャ上の配置位置の指定
2. 電子回路のタイミング解析や論理シミュレーションを行なうのに必要な、遅延、抵抗や容量その他のパラメータ
3. 自動P&Rを行なうときに参照される、特に配線を接続するための信号の入出力位置

CPアパーチャが複数ある場合、または、CPアパーチャ上に複数のアパーチャブロックがある場合は、そのセルの形状があるCPアパーチャ又はアパーチャブロックの指定も1の配置位置の指定に含まれる。したがって、通常のスタンダードセルライブラリに対して、パターン形状のかわりに、1.のセルのCPアパ

ーチャ上の配置位置を持っていることになる。ただし、複数のＣＰアパーチャを持つ場合は、使用するＣＰアパーチャによって、ＣＰ露光を行なったりＶＳＢ露光を行なうことになるため、通常通り、パターンの形状も所有しておく必要がある。ＣＰアパーチャ上にないパターンについては、通常のスタンダードセルライブラリと同じである。すなわち、電子ビーム露光用のスタンダードセルライブラリとは、通常のスタンダードセルに対して、ＣＰ露光を行なうセルのＣＰアパーチャ上の配置位置を加えたものと考えてよい。

## 【 0 0 9 4 】

このような、電子ビーム露光用スタンダードセルライブラリを用いると、図２のステップＳ３の論理合成で生成されるネットリストは、図１０のようなイメージになる。図１６の従来のネットリストと同様、各セルの入出力端子の他のセルとの接続の様子が示されている。図１６の従来のネットリストでは、各セルはそれらの名前で記述されるが、図１０の本実施例によるネットリストでは、ＣＰ露光を行うセル８乃至１３については、そのアパーチャ（あるいは、アパーチャブロック）上の位置、あるいは、ＣＰ露光を行うキャラクタの番号（図８のＮＯ．）で示される。

## 【 0 0 9 5 】

さらに、Ｐ＆Ｒにより生成される図２のステップＳ６のレイアウトデータは、図１１のように、ＣＰ露光を行うセルについては、それらのアパーチャ（または、アパーチャブロック）上の位置、あるいは、キャラクタの番号により、パターンを代用することが可能となる。図１８（ａ）の従来のレイアウトデータと比較し、ＣＰ露光を行うセルは、セル内の図形の情報が省略できることがわかる。

## 【 0 0 9 6 】

したがって、従来は図１９のような流れで、レイアウトパターン・データから電子ビーム露光装置用の露光データに変換していたのだが、予め、どのパターンをＣＰ露光により露光を行なうかがわかっており、さらに、実際のパターンデータも各パターンを形成する頂点列などのポリゴンデータはすべてＶＳＢ露光用のパターンについてのみであるため、図１２のように、ＣＰ露光キャラクタの抽出、および、ＶＳＢ露光データとＣＰ露光データへのパターンデータの分割の工程



が不要となり、データ変換を行なうコンピュータにかかる負荷も小さくなり、データ変換にかかる時間も短くなる。なお、このデータ変換は露光パターンデータ生成装置を構成する、C P 露光を行なうスタンダードセル以外の部分をV S B 露光用のデータに変換する変換手段で実行される。

【 0 0 9 7 】

これより、電子ビーム露光用スタンダードセルライブラリは、最低限、以下の情報を持っていればよい。

【 0 0 9 8 】

1. スタンダードセル名。

【 0 0 9 9 】

2. どのC P アパーチャのどの位置にそのスタンダードセルの形状に電子ビームを形成する透過孔が形成されているかの位置情報。これらは、複数のC P アパーチャに対してそれぞれのアパーチャ上の位置という形で、複数の組合せをもつことができる。また、スタンダードセルでも、C P 露光を行なうことによるショット数の削減効果が低いものは、始めからV S B 露光を行なうよう、C P アパーチャ上の配置位置を持たないものもあり得る。

【 0 1 0 0 】

3. タイミング解析、論理シミュレーションに必要なパラメータ

4. 自動配線を行なうときに使用する入力・出力の位置

の4つである。これらは、2. のアパーチャの情報を加えるだけで、現在のライブラリから容易に生成することができる。

【 0 1 0 1 】

電子ビーム露光用スタンダードセルライブラリを用いて、論理合成および自動P & Rを行なって生成したロジック製品のレイアウトパターン・データは、始めからC P 露光を行なうスタンダードセルが決められているため、パターンデータからC P 露光を行なうキャラクタの抽出を行う必要もなく、従来のデータ変換の工程数を削減することができ、また、すでにある汎用C P アパーチャの使用を前提としているので、製品ごとにC P アパーチャを作製する必要もないため、マスク作製のコストを削減することができるだけでなく、パターンデータの生成後、

すぐに電子ビーム露光を行なうことができ、製品を発注してからできあがるまでの時間を短縮することが可能である。

#### 【 0 1 0 2 】

さらに、この電子ビーム露光用スタンダードセルライブラリ、および、汎用CPアパーチャを使用することより、データサイズの巨大化を防ぐために、CP露光を行なうスタンダードセルのポリゴンデータを省略することができる。現在のGDSII STREAM形式のパターンデータでは、すべてのレイヤーを含むものでは、数百Mバイトからギガバイトのオーダーに達するものも多い。それに対して、この方法で、ファイルサイズを小さくしたパターンデータに対しては、インターネットなどのネットワークを使用した設計データのダウンロードや、アップロードなどが短時間で行なうことができ、社外からの発注や、社外でのプロセスなど、これまで困難であったことも、比較的容易に行なうことができるようになる。

#### 【 0 1 0 3 】

CP方式の電子ビーム露光に適したパターンデータの生成方法について説明する。生成方法は図7のフローチャートに従う。ここで、CPアパーチャが一組ある場合に、ある製品のパターンデータを生成するときの例を示す。

#### 【 0 1 0 4 】

図13に示すように、製品A用に作製したCPアパーチャがあるとき、別の製品Bのパターンデータを生成する。また、製品Bの許容される露光スループットは最小で10枚/hである。プロセスおよび使用する電子ビーム露光装置を仮定して製品Aについて、ショット数を計算し、スループットに換算すると、12枚/hであった。

#### 【 0 1 0 5 】

まず図7のステップS11において、図2で示した論理設計において記述された論理式の論理合成を、製品A用に作製したCPアパーチャを用いて行なう。このとき、合成した電子回路の面積や、動作周波数などを設計制約条件として指定する。

#### 【 0 1 0 6 】

ステップ S 1 2 では、製品 A 用に作製した C P アパーチャが 1 つしかないのでステップ S 1 3 に進む。

【 0 1 0 7 】

ステップ S 1 3 において、合成したネットリストが、指定した制約条件を満足するものを抽出する。

【 0 1 0 8 】

ステップ S 1 4 では、C P アパーチャ上のセルだけで論理合成した場合に、条件を満足するような C P アパーチャがあるか否か判断する。すなわち、製品 B の設計時に、使用する C P アパーチャを上記の製品 A のものとして、論理合成をした。しかし、製品 A 用に作製した C P アパーチャのみでネットリストを生成することができなかった。製品 A 用に作製した C P アパーチャは満足しないのでステップ S 1 7 へ進む。

【 0 1 0 9 】

ステップ S 1 7 に進むと、製品 A 用に作製した C P アパーチャ上のセルのみを用いるという制限をなくして、再度論理合成を行なう。

【 0 1 1 0 】

ステップ S 1 8 において、ステップ S 1 7 で合成したパターンについて、既存の製品 A 用に作製した C P アパーチャを用いて露光する場合の電子ビームショット数を計算する。このとき、用いる C P アパーチャ上にあるセルについては C P 露光、その他のセルは V S B 露光を行なうとして計算する。すなわち、回路で使われているスタンダード・セルのうち、製品 A 用の C P アパーチャ上にあるセルは C P 露光、その他のセルは V S B 露光するとしてショット数を計算したところ、4. 9 0 M ショット／チップであった。

【 0 1 1 1 】

ステップ S 1 9 によって、ステップ S 1 8 のショット数の計算を、既存の製品 A 用に作製した C P アパーチャに対して行なう。

【 0 1 1 2 】

ステップ S 2 0 において、C P アパーチャは 1 つしかないので、製品 A 用に作製した C P アパーチャを選択する。

【 0 1 1 3 】

ステップ S 2 1 において、ステップ S 2 0 で選択したショット数を式 1 によりスループットに換算すると、3. 1 3 枚/h となった。

【 0 1 1 4 】

ステップ S 2 2 において、ステップ 2 1 で計算したスループットが、希望するスループットを下回った。ステップ S 2 3 に進む。

【 0 1 1 5 】

ステップ S 2 3 において、製品 B 用の C P アパーチャを作製する。図 8 のようにステップ S 1 7 で合成したネットリストに含まれるスタンダード・セルの C P 化効率の大きい順にセルを抽出し、新たに C P アパーチャを製作する。

【 0 1 1 6 】

ステップ S 2 4 において、新しい C P アパーチャを用いてパターンデータを、P & R により生成する。この場合のショット数を同様にして計算したら 1. 3 5 M ショット/チップとなり、スループットは 1 1. 5 5 枚/h となった。以上で図 7 のフローは終了する。

【 0 1 1 7 】

このフローにより、製品 B の設計時に、どの C P アパーチャを使った電子ビーム露光を行なうのか、あるいは新しく C P アパーチャを作るべきないのを容易に判断でき、特にこの場合は、新しい C P アパーチャを作製する必要があるとわかる。

【 0 1 1 8 】

【発明の効果】

以上述べたように、本発明によれば、ロジック製品のような繰り返しパターンの少ない集積回路でも C P 露光が行なえ、C P 露光を行なうことによるスループット向上の効果が得られ、荷電ビーム露光データが容易に生成できる荷電ビーム露光装置を提供できる。

【 0 1 1 9 】

本発明によれば、ロジック製品のような繰り返しパターンの少ない集積回路でも C P 露光が行なえ、C P 露光を行なうことによるスループット向上の効果が得

られ、荷電ビーム露光データが容易に生成できるアパーチャを提供できる。

【 0 1 2 0 】

本発明によれば、ロジック製品のような繰り返しパターンの少ない集積回路でもＣＰ露光が行なえ、ＣＰ露光を行なうことによるスループット向上の効果が得られ、荷電ビーム露光データが容易に生成できる荷電ビーム露光方法を提供できる。

【 0 1 2 1 】

本発明によれば、ロジック製品のような繰り返しパターンの少ない集積回路でもＣＰ露光が行なえ、ＣＰ露光を行なうことによるスループット向上の効果が得られ、荷電ビーム露光データが容易に生成できる半導体装置の製造方法を提供できる。

【 0 1 2 2 】

本発明によれば、ロジック製品のような繰り返しパターンの少ない集積回路でもＣＰ露光が行なえ、ＣＰ露光を行なうことによるスループット向上の効果が得られ、荷電ビーム露光データが容易に生成できるフォトマスクの製造方法を提供できる。

【 0 1 2 3 】

本発明によれば、ロジック製品のような繰り返しパターンの少ない集積回路でもＣＰ露光が行なえ、ＣＰ露光を行なうことによるスループット向上の効果が得られ、荷電ビーム露光データが容易に生成できる露光パターンデータ生成方法を提供できる。

【 0 1 2 4 】

本発明によれば、ロジック製品のような繰り返しパターンの少ない集積回路でもＣＰ露光が行なえ、ＣＰ露光を行なうことによるスループット向上の効果が得られ、荷電ビーム露光データが容易に生成できる露光パターンデータ生成装置を提供できる。

【 0 1 2 5 】

本発明によれば、ロジック製品のような繰り返しパターンの少ない集積回路でもＣＰ露光が行なえ、ＣＰ露光を行なうことによるスループット向上の効果が得

られ、荷電ビーム露光データが容易に生成できる露光パターンを生成するためのデータを記録した記録媒体を提供できる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明の実施の形態に係る C P 方式電子ビーム露光装置の概念図である。

【図 2】

本発明の実施の形態に係るレイアウト方法を示すフローチャート（その 1）である。

【図 3】

C P 情報を有するスタンダードセルライブラリを用いて生成した A S I C 製品のデータ構造の階層構造図である。

【図 4】

C P 方式電子ビーム露光方法で用いるスタンダードセルライブラリのデータ構造図である。

【図 5】

本発明の実施の形態に係る C P アパーチャの構成図である。

【図 6】

本発明の実施の形態に係る C P アパーチャブロックの構成図である。

【図 7】

本発明の実施の形態に係るレイアウト方法を示すフローチャート（その 2）である。

【図 8】

本発明の実施例に係る半導体装置でのスタンダードセルの使用リストである。

【図 9】

C P 露光を行なうキャラクタ数と電子ビームショットの総数との関係を示すグラフである。

【図 1 0】

本発明の実施の形態に係るレイアウト方法の論理合成によって生成される論理回路図である。

【図 1 1】

本発明の実施の形態に係るレイアウト方法の自動配置配線によって生成されるレイアウト図である。

【図 1 2】

本発明の実施の形態に係るレイアウト方法を行なう場合に、レイアウトのデータから電子ビーム露光用のデータへのデータの取り扱いを示す図である。

【図 1 3】

本発明の実施の形態に係るレイアウト方法を行なう事による、電子ビームショット数減少の効果と、露光装置のスループット向上の効果を示す表である。

【図 1 4】

従来の C P 方式電子ビーム露光装置の概念図である。

【図 1 5】

従来の半導体装置のレイアウト方法を示すフローチャートである。

【図 1 6】

従来の半導体装置のレイアウト方法の論理合成によって生成される論理回路図である。

【図 1 7】

スタンダードセルのレイアウトである。

【図 1 8】

従来のレイアウト方法の自動配置配線によって生成されるレイアウト図である。

【図 1 9】

従来のレイアウト方法を行なう場合に、レイアウトのデータから電子ビーム露光用のデータへのデータの取り扱いを示す図である。

【符号の説明】

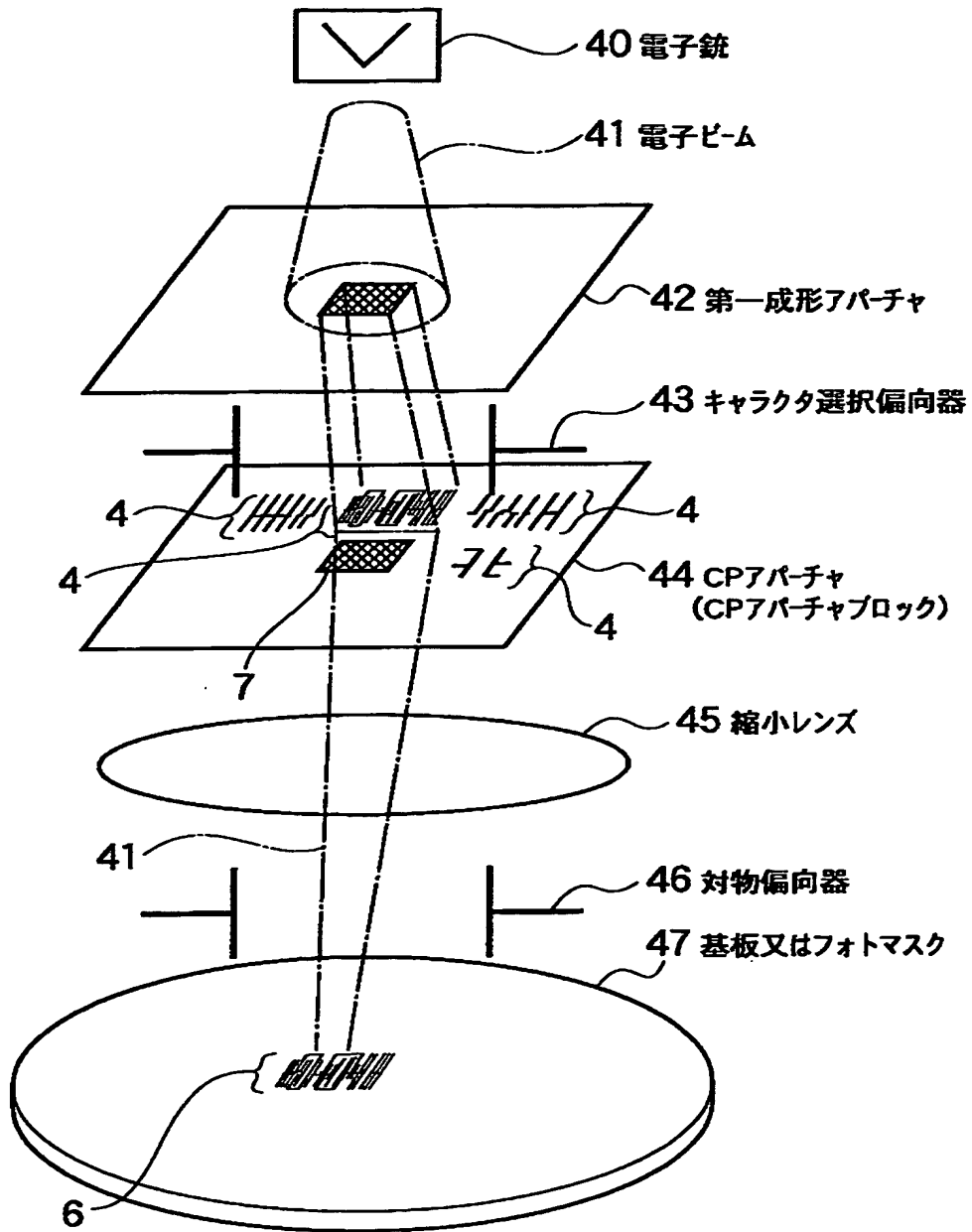
- 1、 2   C P 情報を有するスタンダードセルライブラリ
- 3   アパーチャブロック
- 4   スタンダードセル形状の電子ビーム成形孔
- 5   C P アパーチャ

- 6    スタンダードセル形状
- 7    VSB用の開口
- 8乃至13    スタンダードセル
- 14乃至18、20、22乃至27    CP露光されるスタンダードセル
- 19、21    VSB露光されるスタンダードセル
- 28、47、65    基板又はフォトマスク
- 30    パターンデータ
- 31    VSB露光データ
- 32    CP露光データ
- 33    電子ビーム露光データ
- 37    基板
- 40    電子銃
- 41    電子ビーム
- 42    第1成形アパーチャ
- 43    キャラクタ選択偏向器
- 44    CPアパーチャ及びCPアパーチャブロック
- 45    縮小レンズ
- 46    対物偏向器
- 48、61乃至64    キャラクタ
- 49    キャラクタ形状の電子ビーム成形孔
- 50    従来のCPアパーチャ及びCPアパーチャブロック
- 51、52    従来のスタンダードセルライブラリ
- 53乃至58    スタンダードセル

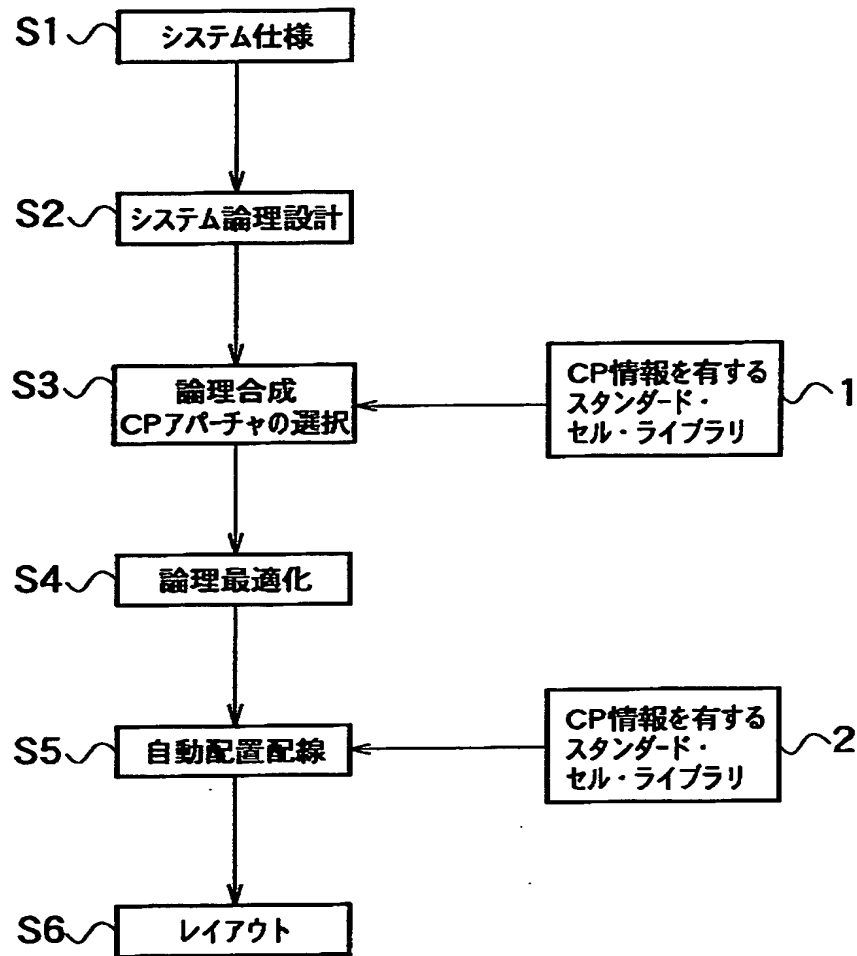


【書類名】 図面

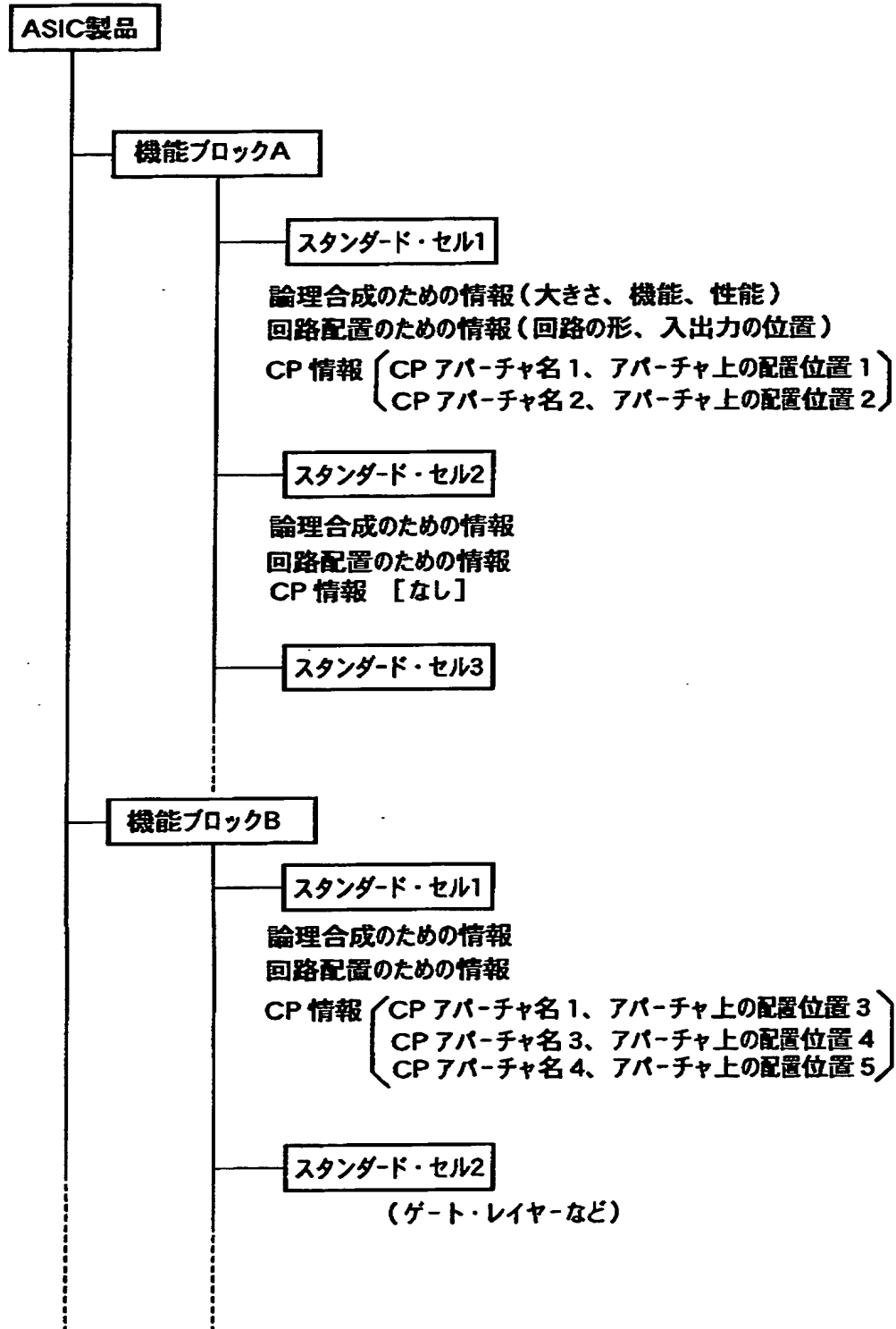
【図 1】



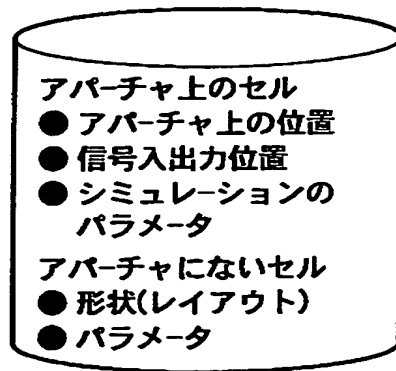
【図 2】



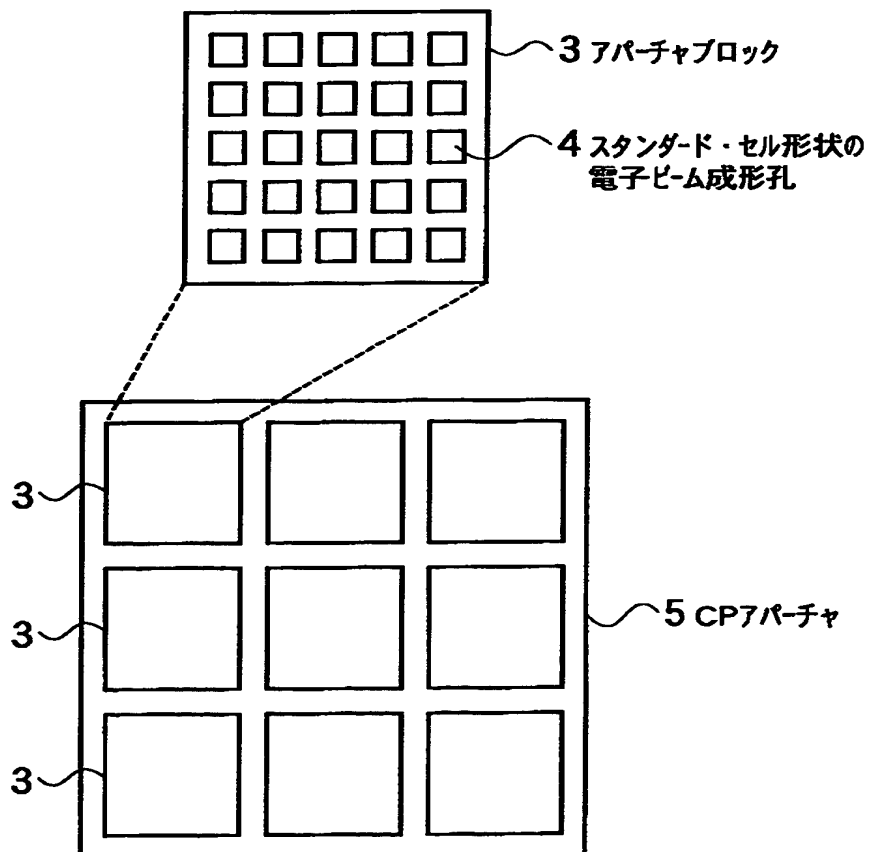
【図 3】



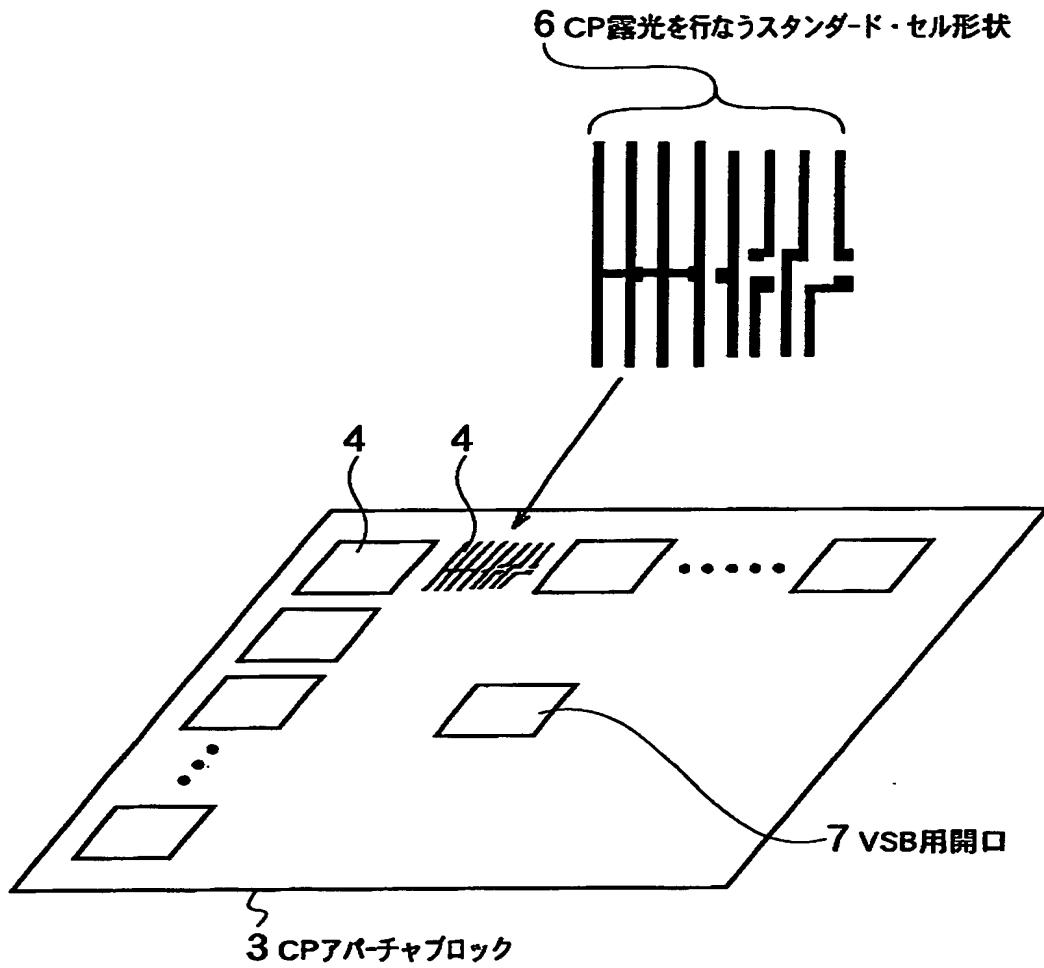
【図 4】



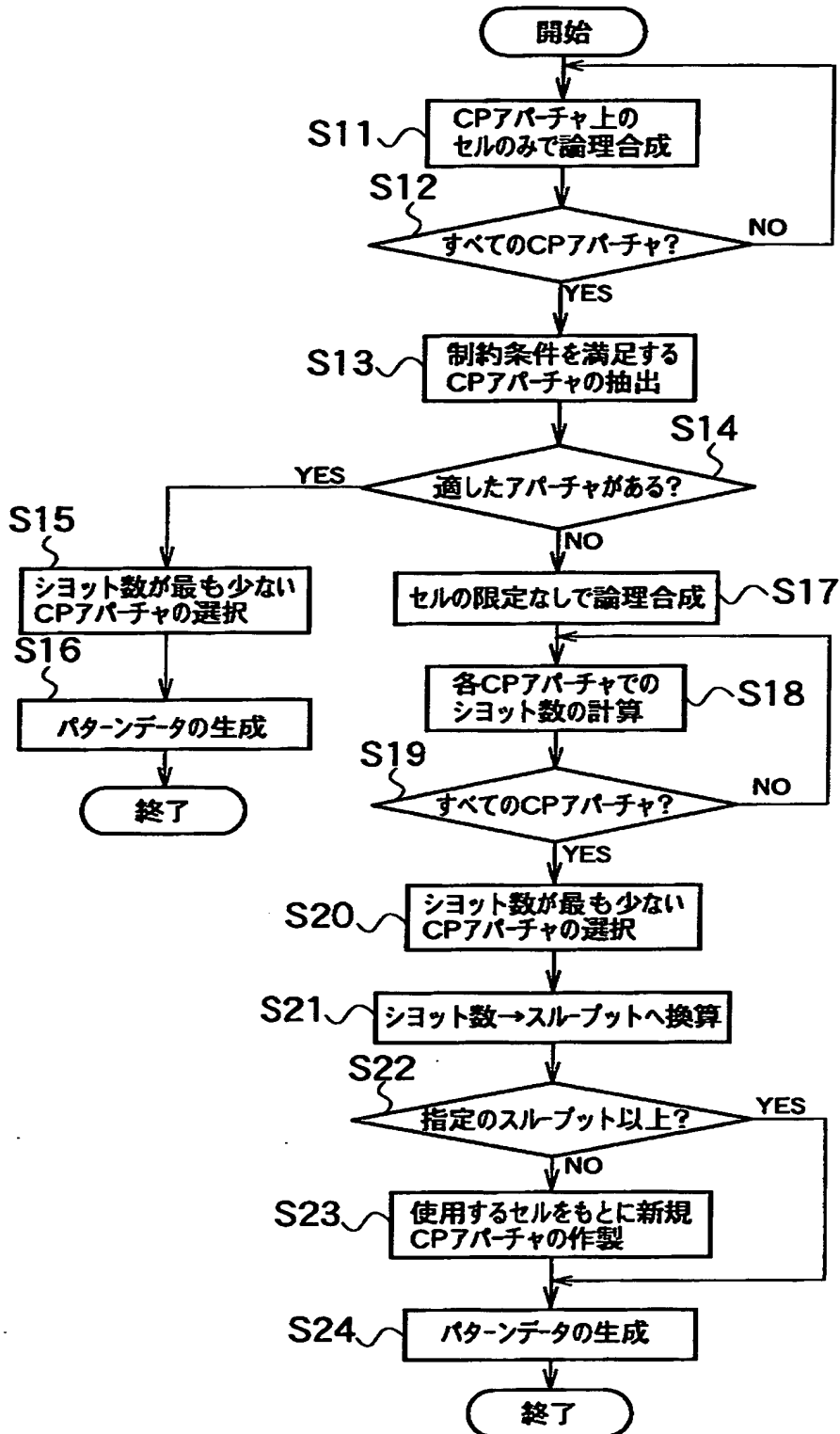
【図 5】



【図 6】



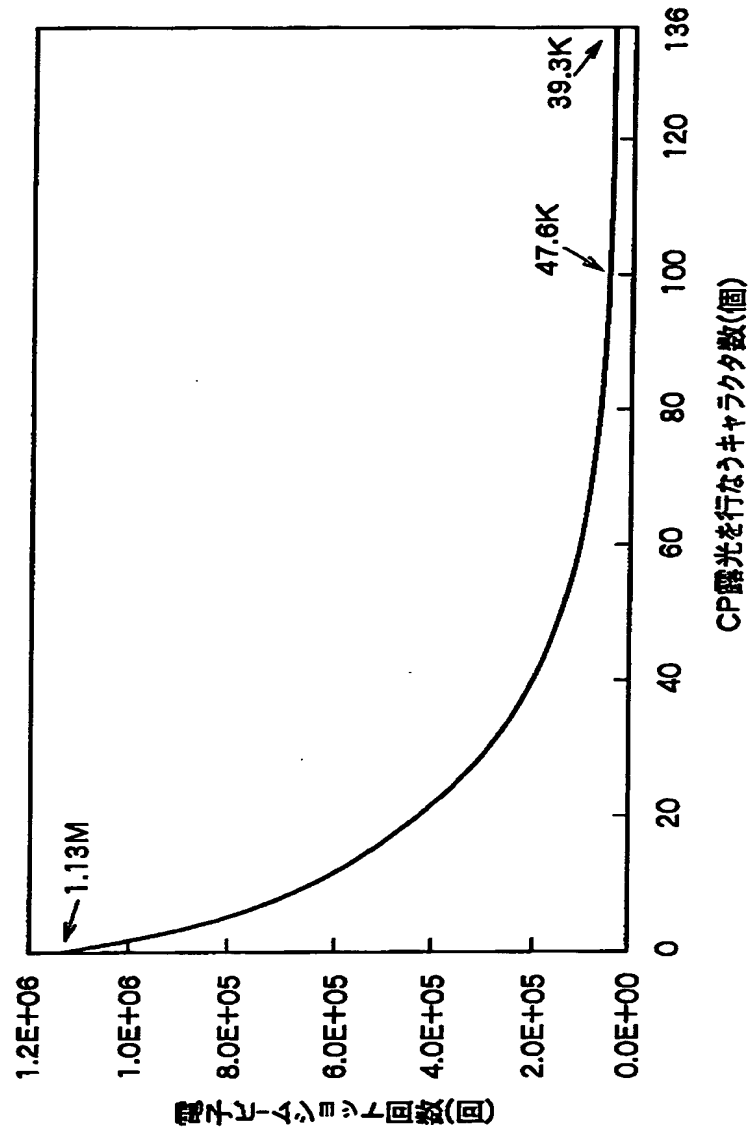
【図 7】



【図 8】

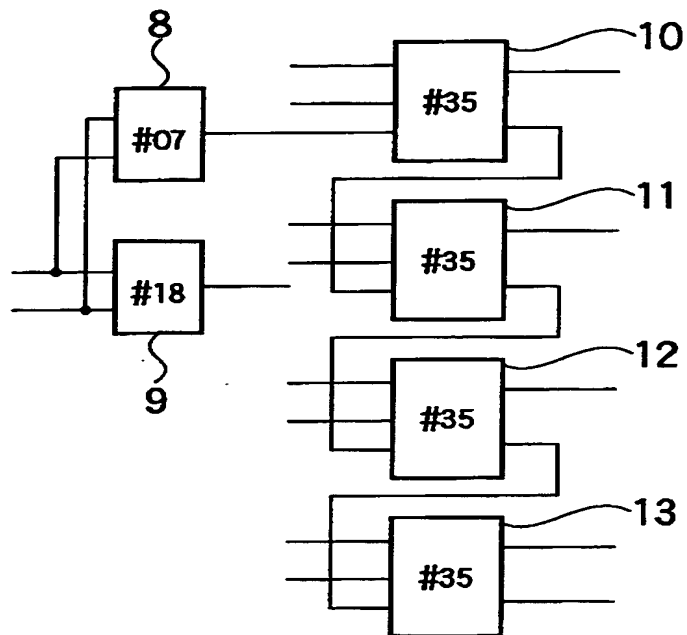
NO.	名前	配置数	VS	B	CP	効果	NO.	名前	配置数	VS	B	CP	効果
1	FD1Q	1860	86	2	78120		42	AN4	133	40	1		5187
2	MX2	1616	48	1	75952		43	ND3	221	23	1		4862
3	FD1	1524	82	2	60960		44	OND2	209	23	1		4598
4	ND2I	2130	16	1	31950		45	ND4P	67	68	1		4489
5	NIVH	1214	25	1	29136		46	ANR1P	119	37	1		4284
6	NIVU	1489	40	2	28291		47	OND11P	63	69	1		4284
7	AN2	1045	27	1	27170		48	ND3P	85	49	1		4080
8	NR2I	1174	22	1	24654		49	ANR3P	69	55	1		3726
9	ND2	2167	11	1	21670		50	OND3P	79	45	1		3476
10	FD1QP	538	82	2	21520		51	FSR1	51	136	2		3417
11	EN	542	39	1	20596		52	FD1P	63	108	2		3339
12	ANR2	498	41	1	19920		53	NR2P	145	24	1		3335
13	NR2IP	473	43	1	19866		54	NR3P	65	52	1		3315
14	OND1P	407	49	1	19536		55	HA1	87	39	1		3306
15	MXI2	595	33	1	19040		56	OND4C	78	38	1		2886
16	OND3	704	27	1	18304		57	ND4	87	28	1		2349
17	ND2P	629	30	1	18241		58	OR2P	136	18	1		2312
18	EO	371	44	1	15953		59	OR3	78	30	1		2262
19	HDLY1B	372	39	1	14136		60	FD2Q	25	164	2		2025
20	OND2P	227	63	1	14074		61	MXI2P	35	56	1		1925
21	OND1	679	21	1	13580		62	OR6	24	67	1		1584
22	IVU	409	32	1	12679		63	ANR3	45	36	1		1575
23	AN8P	286	88	2	12298		64	OND11	49	32	1		1519
24	ANR2P	225	53	1	11700		65	IVM	198	8	1		1386
25	AOR2	239	46	1	10755		66	IVML	111	13	1		1332
26	NIV	1470	8	1	10290		67	AOR1P	32	42	1		1312
27	AN3	393	26	1	9825		68	AN6	23	58	1		1311
28	IV	3187	4	1	9561		69	AN2P	58	23	1		1276
29	ND2IP	253	34	1	8349		70	NR3	67	20	1		1273
30	MX2G	123	63	1	7626		71	HDLY2B	47	53	2		1199
31	ENP	184	83	2	7452		72	ANR11P	15	66	1		975
32	IVH	457	17	1	7312		73	FD2QP	22	131	3		939
33	OR2	457	17	1	7312		74	AN8	27	70	2		918
34	AOR1	183	40	1	7137		75	IVD	80	12	1		880
35	FA1	189	69	2	6332		76	NR4	32	28	1		864
36	MX2P	106	60	1	6254		77	FD4	14	115	2		791
37	NR2	462	14	1	6006		78	OR3P	16	47	1		736
38	OAN1	313	20	1	5947		79	AN3P	27	28	1		729
39	NIVM	202	28	1	5454		80	IVDM1	34	22	1		714
40	FDN1P	119	93	2	5415		81	OR4	19	38	1		703
41	ANR1	230	24	1	5290		82	IVDM	27	26	1		675
							83	FD4Q	14	91	2		623

【図 9】

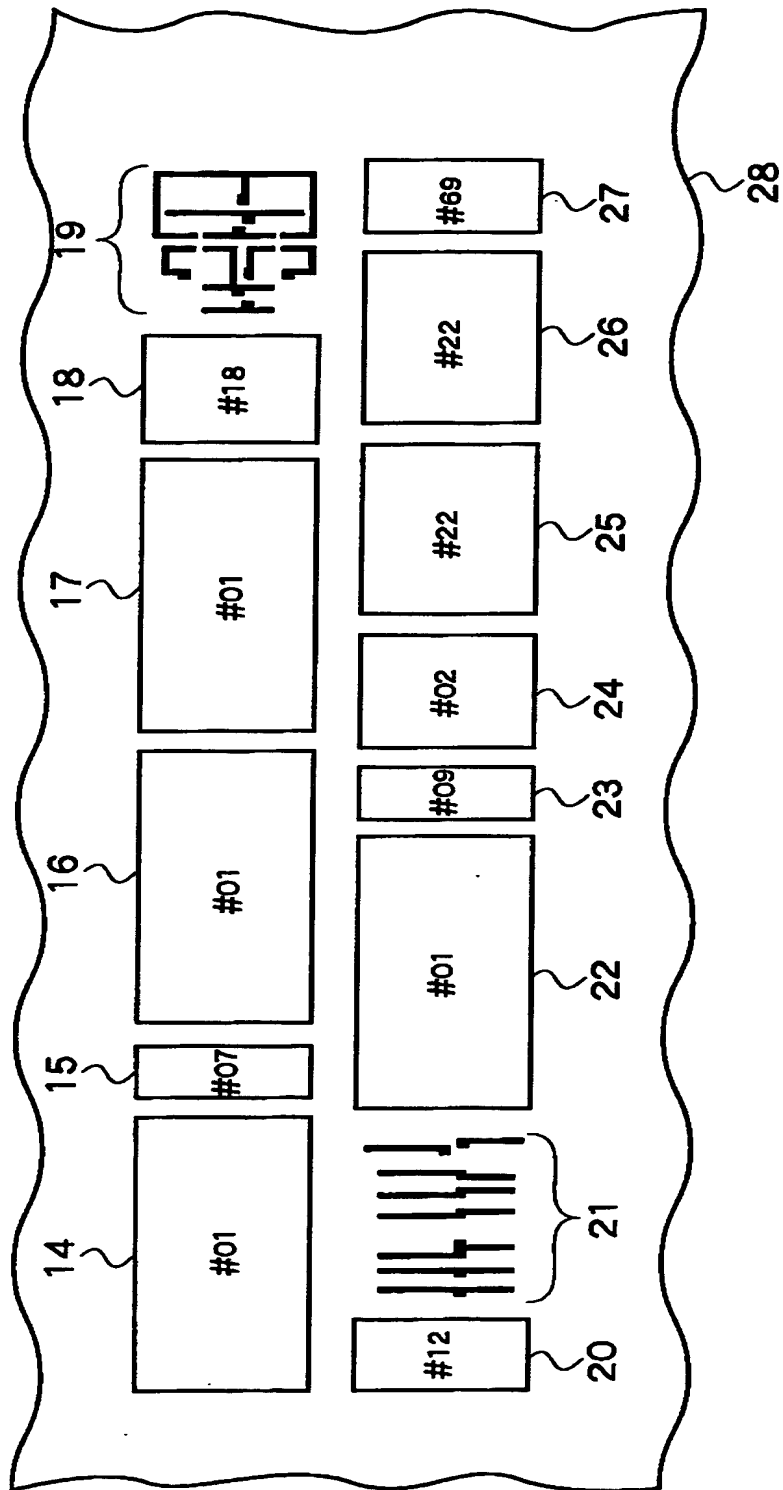




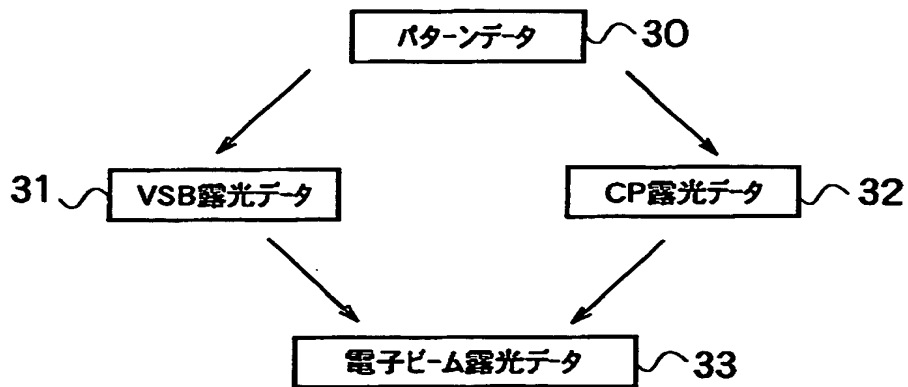
【図 1 0】



【図 1 1】



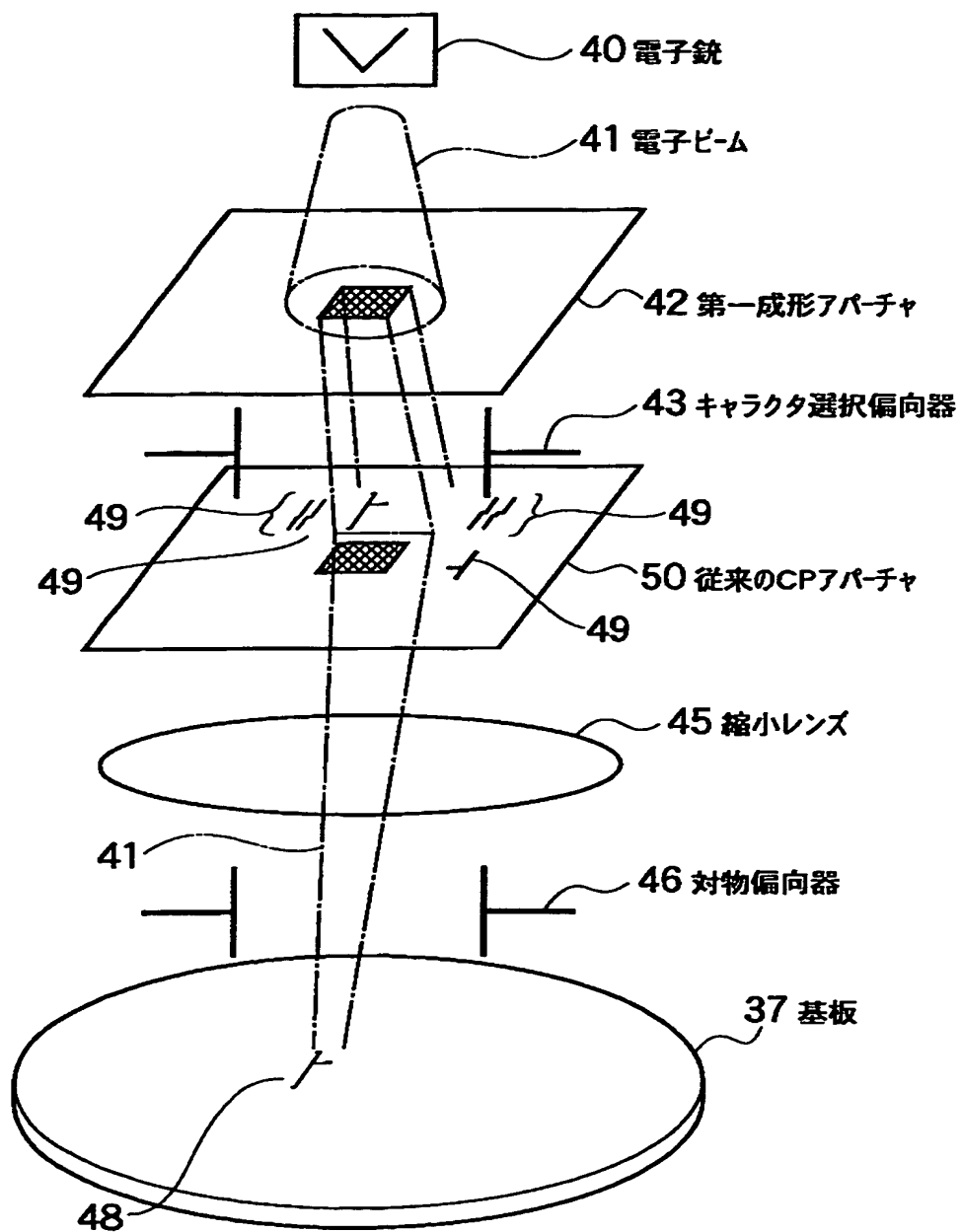
【図 1 2】



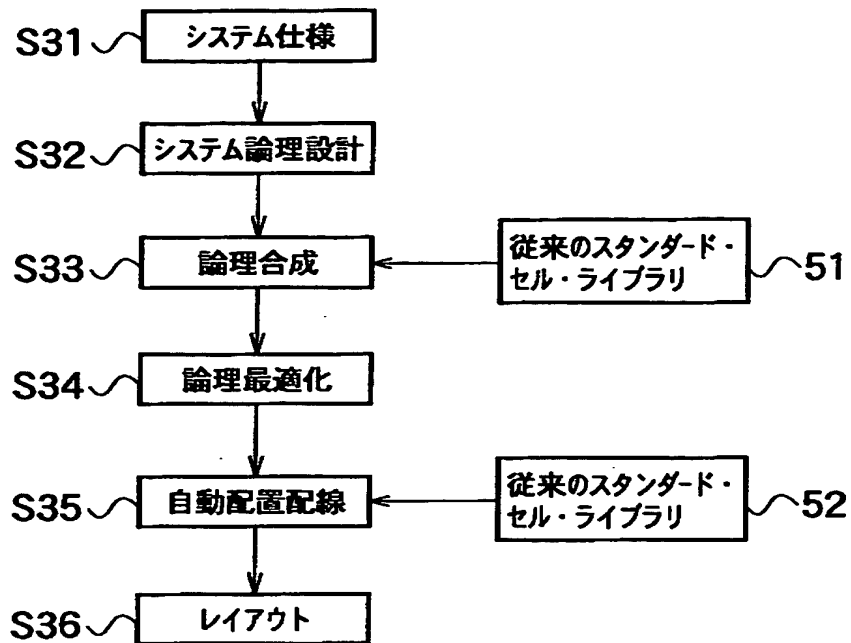
【図 1 3】

	電子ビームショット数(/チップ)			スループット(枚/h)	
	VSB露光	CPアパーチャ		CPアパーチャ	
		装置A用	装置B用	装置A用	装置B用
装置A	16.5M	12.8M	—	12.0	—
装置B	12.1M	4.90M	1.35M	3.13	11.55

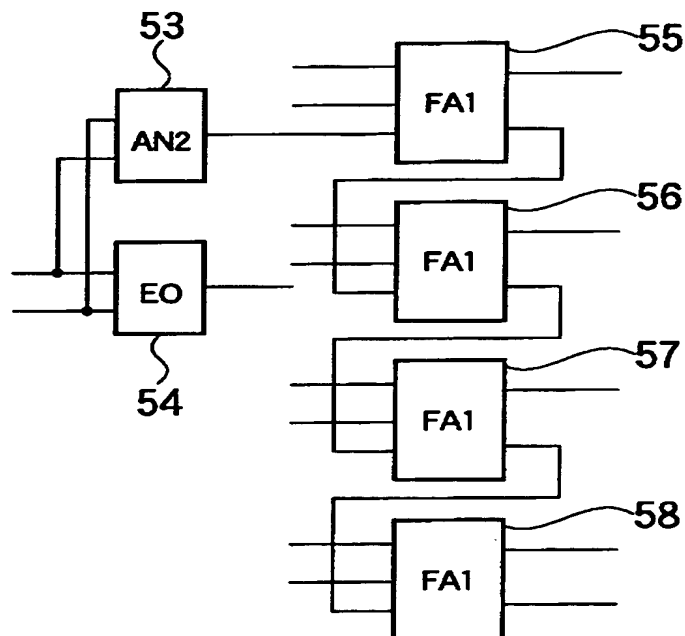
【図14】



【図 1 5】

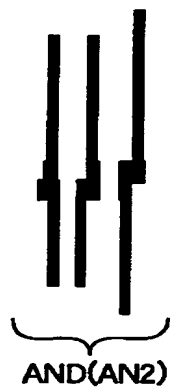


【図 1 6】

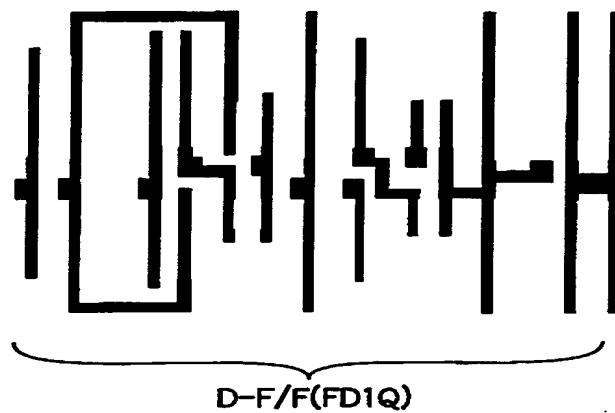


【図 1 7】

(a)



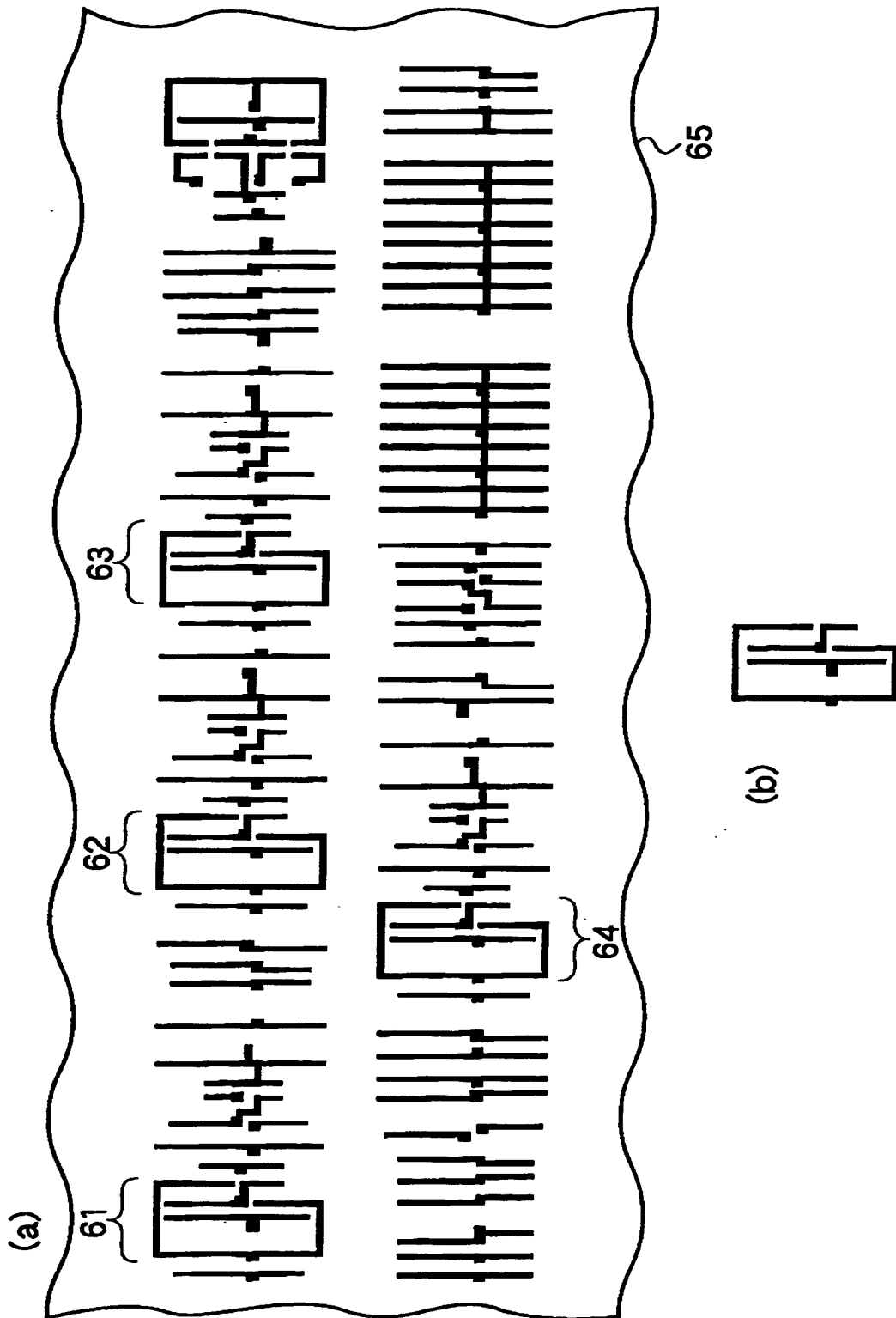
(b)



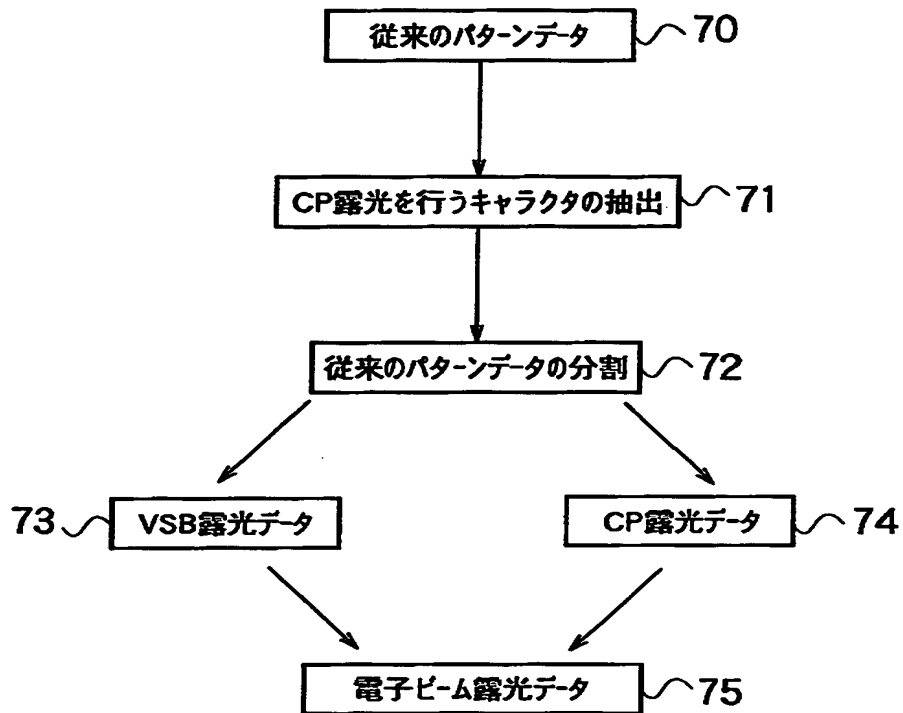
(c)



【図 1 8】



【図 1 9】





【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 ロジック製品のような繰り返しパターンの少ない集積回路でもキャラクタ・プロジェクション（CP）露光が行なえ、CP露光を行なうことによるスループット向上の効果が得られ、荷電ビーム露光データが容易に生成できる荷電ビーム露光方法を提供する。

【解決手段】 CP方式の荷電ビーム露光方法において、荷電ビームをアパーチャによりデバイス設計の際に用いられるスタンダードセルの形状に成形し、試料に縮小照射・露光を行なう。このスタンダードセルには、使用頻度のより高い、あるいは、CP露光を行なうことにより可変成形ビーム露光を行なった場合よりショット数の削減効果のより高いセルを選択する。そして、このスタンダードセルを用いて電子回路の論理合成とこのスタンダードセルの配置配線を行なう。

【選択図】 図 2

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000003078]

1. 変更年月日	1990年 8月22日
[変更理由]	新規登録
住 所	神奈川県川崎市幸区堀川町72番地
氏 名	株式会社東芝